

524,831

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2004年3月4日 (04.03.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/019658 A1

(51)国際特許分類⁷: H05B 3/68, 3/20, 3/30, 3/10, H01L 21/02, 21/205, 21/302

(21)国際出願番号: PCT/JP2003/010481

(22)国際出願日: 2003年8月20日 (20.08.2003)

(25)国際出願の言語: 日本語

(26)国際公開の言語: 日本語

(30)優先権データ:
特願2002-239810 2002年8月20日 (20.08.2002) JP
特願2002-239811 2002年8月20日 (20.08.2002) JP
特願2002-239812 2002年8月20日 (20.08.2002) JP

(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒503-8004 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地 Gifu (JP).

(72)発明者; および
(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 馬嶋一隆 (MASHIMA,Kazutaka) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP). 平松靖二 (HIRAMATSU,Yasuji) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP).

(74)代理人: 安富康男 (YASUTOMI,Yasuo); 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目4番20号 中央ビル Osaka (JP).

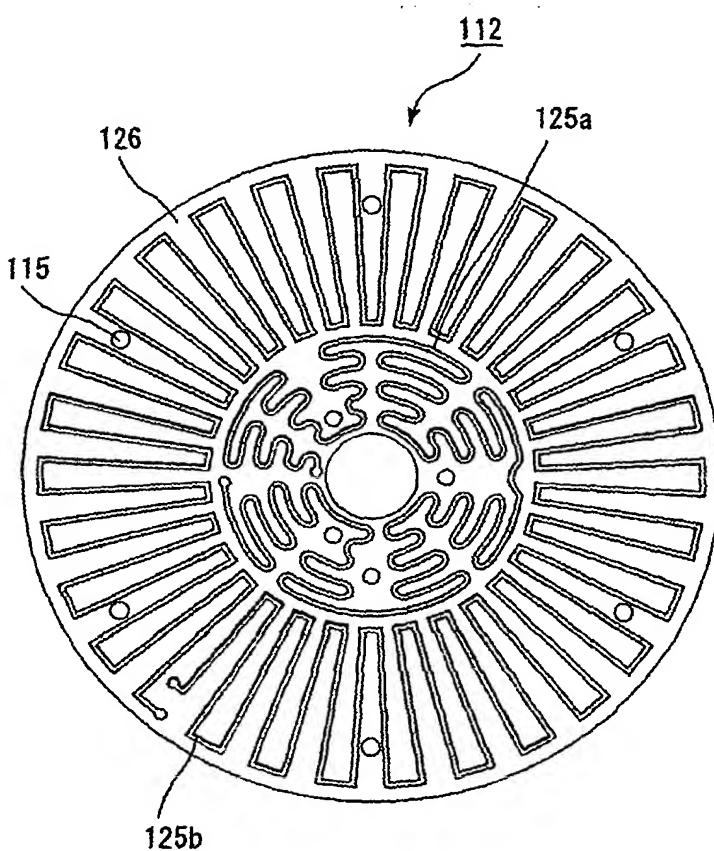
(81)指定国(国内): KR, US.

(84)指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

/続葉有/

(54)Title: METAL HEATER

(54)発明の名称: 金属ヒータ



(57)Abstract: A metal heater which can be heated quickly with small temperature variations of a semiconductor wafer or the like at heating, and is free from warping and deflecting of a metal plate. The metal heater comprises a metal plate and a heating element, characterized in that the metal plate is up to 50 mm thick and has a flatness on the surface thereof of 50 μ m, and the outer edge of a region where the heating element is formed is positioned within 25% of the diameter of the metal plate from the outer periphery of the metal plate.

(57)要約: 本発明は、加熱時における半導体ウエハ等の温度のばらつきが小さく、迅速に加熱することができ、かつ、金属板に反りや撓みが発生することのない金属ヒータを提供することを目的とする。本発明の金属ヒータは、金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、前記金属板は、厚さが50mm以下であり、その表面の平坦度が50 μ m以下であるとともに、前記発熱体が形成されている領域の外縁は、前記金属板の外周から前記金属板の直径の25%以内の位置にあることを特徴とする。



添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

金属ヒータ

技術分野

5 本発明は、主に半導体産業、光産業において使用される金属ヒータに関する。

背景技術

エッチング装置や、化学的気相成長装置等を含む半導体製造、検査装置等においては、従来、ステンレス鋼などの金属製基材を基板とした金属ヒータが用いられてきた。

図4は、従来から使用されている構成の金属ヒータにシリコンウェハが載置された様子を模式的に示した断面図である。

この金属ヒータ50では、円板形状の金属板51の底面に、銅等の熱伝導性に優れる材質からなる中プレート61を介して、ヒータ52が配設されており、金属板51、ヒータ52および中プレート61は、金属板固定ネジ57により、支持容器60に固定されている。

そして、ヒータ52は導電線64と接続されており、導電線64は、支持容器60および遮熱板63に形成された貫通孔から外部に引き出され、電源等（図示せず）と接続されている。

20 さらに、金属板51と支持容器60との間には断熱リング62が介設されるとともに、支持容器60の底部には、遮熱板63が設置されており、金属板51からの熱が装置に伝熱することを防止できる構成となっている。

また、金属ヒータ50には、有底孔54が形成され、有底孔54には、金属板51の温度を測定するための、リード線が接続された測温素子56が埋め込まれている。

また、金属ヒータ50には、支持ピン58を介して半導体ウェハ59が載置されており、半導体ウェハ59を、金属板51の加熱面51aより一定距離離間させた状態で支持し加熱することが可能となっている。

なお、金属ヒータ50には、金属板51、中プレート61、ヒータ52および

支持容器 60 を貫通する貫通孔 55 も設けられており、貫通孔 55 に柱状のリフターピン等を挿通することによっても、被加熱物である半導体ウエハ 59 を金属ヒータ 50 の加熱面より一定距離離間させた状態で支持し、半導体ウエハ 59 を搬送することができるようになっている。

5

発明の要約

ところが、これらの構造を有する金属ヒータでは、以下のような問題があった。

金属ヒータに用いられる金属板は、ある程度の厚みを有する必要があった。なぜなら、金属板が薄い場合には、剛性が小さくなるため、加熱に起因する熱膨張 10 により、金属板が周囲より圧迫を受けることや、支持容器と金属板との熱膨張率の違いに起因して、金属板に反り、撓み等が発生してしまうからである。

そして、金属板に、このような反りや撓み等が発生した場合には、金属板上に載置した半導体ウエハが均一に加熱されず、温度にばらつきが発生したり、半導体ウエハに傷がついたりしてしまうことがあった。

15 しかしながら、金属板の厚みを厚くすると、金属板の熱容量が大きくなり、被加熱物を加熱、冷却する場合、発熱体に印加する電圧や電流量の変化に対して金属板の加熱面の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題があった。

また、金属板上に半導体ウエハを載置し、金属板の加熱面の温度が急激に低下した際に、これを元の温度に戻すまでに要する時間（リカバリー時間）が長くなり、生産性が低下するという問題があった。

20 また、このような金属ヒータでは、昇温した場合に、設定温度から一時的に上方に外れるオーバーシュート現象があり、このオーバーシュートが発生した場合には、金属ヒータの加熱面を設定した温度にするために、さらに多くの時間を要していた。

25 さらに、金属板の厚みを厚くすると、金属ヒータ全体の重量が重くなり、また、嵩張ってしまうという問題があった。

なお、近年の半導体ウエハ等の大口径化等に伴って、より直径の大きい金属ヒータが求められているが、金属板の直径が大きくなるにつれて、金属板自体の温度分布にもばらつきが発生しやすくなり、上記した半導体ウエハの温度均一性が

益々低下することになる。

そこで、本発明者らは、上述した従来の金属ヒータの問題点に鑑み、加熱時に
おける半導体ウエハ等の温度ばらつきが小さく、迅速に加熱することができ、かつ、
金属板に反りや撓みが発生することのない金属ヒータを得ることを目的として
5 銳意研究を行った結果、金属板の厚さを薄くし、金属板の平坦度を一定値以下
とするとともに、発熱体の形状を改良することにより、迅速に昇温を行うことができ、
加熱面を均一な温度とすることを見出し、第一の本発明を完成するに至った。

すなわち、第一の本発明の金属ヒータは、金属板と発熱体とから構成される金
10 属ヒータであって、上記金属板は、厚さが 50 mm 以下であり、その表面の平坦
度が 50 μ m 以下であるとともに、上記発熱体が形成されている領域の外縁は、
上記金属板の外周から上記金属板の直径の 25 % 以内の位置にあることを特徴と
する。なお、上記平坦度は、大気雰囲気、500 °C 以下において、上記範囲にあ
ることが望ましい。

15 第一の本発明の金属ヒータは金属板の厚さを 50 mm 以下と薄くしている。従
って、発熱体に印加する電圧や電流量の変化に対して金属板の加熱面の温度が迅
速に追従するため、半導体ウエハ等の被加熱物を迅速に加熱することができる。

なお、第一の本発明の金属ヒータにおける金属板の厚さとは、発熱体が金属板
の底面に設置されている構成の場合には、その金属板の厚さのことをいい、発熱
20 体が複数の金属板の間に挟持されるような構成である場合には、それらの金属板
の合計の厚さをいう。

また、金属板の温度追従性が優れているので、半導体製造・検査工程において、
金属ヒータの加熱面に半導体ウエハを載置した際、低下した温度を元に戻すまで
の時間（リカバリー時間）を短くすることが可能となり、スループットを短縮す
25 ることができ、生産性を向上させることができる。

なお、金属板が薄く、かつ、平坦性に優れる金属ヒータを実現できた理由につ
いては、後に説明することとする。

第一の本発明の金属ヒータを構成する金属板の厚さは、その上限が 30 mm で
あることが望ましい。30 mm を超えると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率

が低下する傾向が生じるからである。より望ましい上限は、20 mmである。

また、金属板の厚さの下限は、3 mmであることが望ましい。3 mmより薄いと、金属板の強度が低下して平坦度が低下する傾向が生ずるからである。より望ましい下限は、5 mmである。

5 また、第一の本発明の金属ヒータにおける金属板の直径は、200 mm以上が望ましい。大きな直径を持つ金属ヒータほど、加熱時に半導体ウェハの温度が不均一化しやすいため、第一の本発明の構成が有効に機能するからである。また、このような大きな直径を持つ基板は、大口径の半導体ウェハを載置することができるからである。金属板の直径は、特に12インチ(300 mm)以上であるこ
10 とが望ましい。次世代の半導体ウェハの主流となるからである。

なお、第一の本発明の金属ヒータは、一の金属板の底面に発熱体が設置されている構成であってもよく、金属板に設置された発熱体に、さらに別の金属板を取り付けるような構成、すなわち、2つの金属板の間に発熱体を挟持するような構成であってもよい。また、3以上の金属板の間に発熱体を挟持するような構成としてもよい。金属板を複数にすることにより、加熱面側の金属板の厚さを薄くした場合であっても、金属板に反りや撓みが発生する事なく、半導体ウェハ等を均一に加熱することができるからである。

上記構成とした場合の加熱面側の金属板の厚さの望ましい上限は、30 mmであり、望ましい下限は、3 mmであり、より望ましい上限は、20 mmであり、
20 より望ましい下限は、5 mmである。

第一の本発明の金属ヒータを構成する金属板は、その表面における平坦度が50 μ m以下である。従って、第一の本発明の金属ヒータを用いて半導体ウェハを加熱する場合には、半導体ウェハと金属板との距離をほぼ一定にすることが可能となるため、半導体ウェハの全体が均一となるように加熱することができる。

25 また、上記金属板は、その表面における平坦度が30 μ m以下であることが望ましい。

なお、本明細書において、平坦度とは、金属板の表面における最も高い部分と最も低い部分との差をいうものとする。

このように平坦性に優れる金属ヒータを実現するためには、金属板が熱膨張し

た際の側面からの圧迫に伴う金属板の湾曲を防止する必要がある。このため、金属板の側面と支持容器（ボトムプレート）との間が密着しないように、スペースを確保することが望ましい。

また、金属板の反りを防止するためには、金属板の縁部を押え板等で抑えつけ、

5 固定することが望ましい。これにより、金属板を薄くしたことに伴う金属板自身の変形を防止できるとともに、上述のように、金属板と支持容器との間にスペースを確保した場合であっても、金属板を確実に支持、固定することができる。

これに加えて、金属板とヒータ固定板の材質を同一のものとすることにより、これらの熱膨張率の差に起因する金属板の変形を防止することができる。

10 さらに、金属板を構成する材料は、熱伝導性に優れるとともに、剛性が高く、熱膨張した際にも、変形しにくいものが望ましく、金属板自体の加工が終了した時点より平坦度に優れたものとなっていることが望ましい。

第一の本発明の金属ヒータを構成する金属板の材質としては、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、ステンレス、インコネル、鋼鉄等を使用することができるが、これらのなかでは、アルミニウム合金が望ましく、アルミニウム-銅の合金がより望ましい。アルミニウム-銅の合金は、機械的な強度が高いため、金属板の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、金属板を薄くて軽いものとすることができます。また、アルミニウム-銅の合金は、熱伝導率にも優れているため、金属板として使用した場合、発熱体の温度変化に合わせて、加熱面の温度を迅速に追従させることができる。すなわち、電圧、電流値を変えて発熱体の温度を変化させることにより、金属板の加熱面温度を制御することができるのである。

20 また、上記アルミニウム-銅合金には、アルミニウム、銅のほかに、マグネシウム、マンガン、ケイ素、亜鉛等を添加してもよい。加工性、耐食性、低膨張性等の諸機能を向上させることができるのである。

上記金属板の材質として、アルミニウム、アルミニウム合金等を用いる場合は、金属板の表面にアルマイト処理を施すことが望ましい。アルマイト処理とは、アルミニウムやアルミニウム合金に、電気化学処理（陽極酸化被膜処理）を行い、表面に酸化アルミニウムの薄い被膜を施す処理のことをいう。

このような処理を行うことにより、金属板の耐食性が向上するとともに、表面が硬くなるため、金属板に傷等が付きにくくなる。また、実際の半導体製造・検査工程で使用する場合であっても、金属板がレジスト液や腐食性ガス等によって腐食されにくくなる。

5 さらに、通常のアルマイト処理よりも低温度、高電圧、高電流密度で陽極酸化被膜処理を行うことにより、硬質アルマイト処理とすることができます。このような硬質アルマイト処理では、より硬質で厚い被膜が得ることが可能となる。

なお、上記被膜の厚さとしては、 $1 \mu\text{m}$ 以上が望ましいが、上記硬質アルマイト処理では、被膜の厚さを $3 \mu\text{m}$ 以上とすることができます。

10 第一の本発明の金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁は、金属板の外周から金属板の直径の25%以内の位置に存在している。通常、金属板の外周部分では、金属板の外縁部からの放熱が発生するため、金属板の中心部分よりも低温となり、その結果、加熱面の温度が不均一になりやすいが、第一の本発明の金属ヒータでは、このような外周部分にも発熱体が配設されているため、被加熱物である半導体ウエハ等を温度のばらつきなく、均一に加熱することができる。

また、本発明者らは、上述した従来の金属ヒータが有する問題点に鑑み、加熱時における半導体ウエハ等の温度ばらつきが小さく、迅速に加熱することができ、かつ、金属板に反りや撓みが発生することのない金属ヒータを得ることを目的と
20 して鋭意研究を行った結果、金属板の数を複数にして、加熱面側の金属板の厚さを薄くすることにより、迅速に昇温を行うことができ、加熱面を均一な温度とすることができることを見出し、第二の本発明を完成するに至った。

すなわち、第二の本発明の金属ヒータは、金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、上記金属板は複数であるとともに、上記金属板の間には、上記発熱体が挟持されており、加熱面側の金属板の厚さが、加熱面と反対側の金属板の厚さと同じか、上記加熱面と反対側の金属板より薄いことを特徴とする。

第二の本発明の金属ヒータは、複数の金属板を有しており、これらの金属板の間には、ヒータが挟持されている。このような構成の金属ヒータは、一の金属板のみからなる金属ヒータに比べ、金属板の厚さを薄くすることが可能となり、加

熱面側の金属板の熱容量が小さくなるため、半導体ウエハ等の被加熱物を迅速に加熱することができる。

また、金属板の温度追従性が優れているので、半導体製造・検査工程において、金属ヒータの加熱面に半導体ウエハを載置した際、低下した温度を元に戻すまでの時間（リカバリー時間）を短くすることが可能となり、スループットを短縮することができ、生産性を向上させることができる。

さらに、第二の本発明の金属ヒータでは、加熱面側の金属板の厚さが、加熱面と反対側の金属板の厚さと同じか、加熱面と反対側の金属板の厚さより薄くなっている。

従って、加熱面側の金属板の厚さを薄くした場合であっても、剛性の高い金属板を加熱面と反対側に設置することにより、加熱時における加熱面の平坦性が向上するため、半導体ウエハと金属板との距離をほぼ一定にすることが可能となり、半導体ウエハの全体が均一となるように加熱することができる。

第二の本発明の金属ヒータは、金属板に設置された発熱体に、さらに別の金属板を取り付けるような構成、すなわち、2つの金属板の間に発熱体を挟持するような構成であってもよく、また、3以上の金属板の間に発熱体を挟持するような構成としてもよい。

第二の本発明の金属ヒータが、3以上の金属板を有する場合、加熱面側の金属板の厚さとは、最下層のヒータよりも上に存在する金属板の厚さの合計のことといい、加熱面と反対側の金属板の厚さとは、最下層のヒータよりも下に存在する金属板の厚さのことをいう。

ここで、3つの金属板を有する場合の金属ヒータの構成を図5に示す。なお、図5では、金属板およびヒータのみを図示している。

図5に示すような金属ヒータの場合、加熱面側の金属板の厚さとは、最下層のヒータBよりも上に存在する金属板Aおよび金属板Bの厚さの合計 $a + b$ のことといい。また、加熱面と反対側の金属板の厚さとは、最下層のヒータBよりも下に存在する金属板Cの厚さ c のことといい。

以下、第二の本発明の説明においては、主に2つの金属板にヒータが挟持されている構成の金属ヒータについて説明することとする。なお、金属ヒータが上記

のように2つの金属板を有する構成である場合、加熱面側の金属板のことを上部金属板といい、加熱面と反対側の金属板のことを下部金属板ということとする。

第二の本発明の金属ヒータにおいて、上部金属板の厚さは、その上限が50mmであることが望ましい。発熱体に印加する電圧や電流量の変化に対して金属板の加熱面の温度が迅速に追従するため、半導体ウェハ等の被加熱物を迅速に加熱することができる。

また、金属板の温度追従性が優れているので、半導体製造・検査工程において、金属ヒータの加熱面に半導体ウェハを載置した際、低下した温度を元に戻すまでの時間（リカバリ時間）を短くすることが可能となり、スループットを短縮することができ、生産性を向上させることができる。

より望ましい上限は、30mmである。熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じるからである。

上部金属板の厚さの下限は、3mmであることが望ましい。3mmより薄いと、上部金属板の強度が低下して平坦度が低下する傾向が生ずるからである。より望ましい下限は、5mmである。

また、上記構成とした場合の下部金属板の厚さの望ましい上限は、47mmであり、望ましい下限は、5mmであり、より望ましい上限は、30mmであり、より望ましい下限は、10mmである。

さらに、上部金属板の厚さと下部金属板の厚さの比（下部金属板の厚さ／上部金属板の厚さ）は、1～10であることが望ましい。10を超えると、下部金属板の熱容量が大きくなり過ぎ、被加熱物を迅速に加熱することができなくなるからである。

また、第二の本発明の金属ヒータでは、複数の金属板およびヒータの直径が全て同じであることが望ましい。ヒータの金属板の加熱面に伝達することができるからである。

なお、金属板と支持容器との間に断熱リング等を介設する場合等においては、金属板の直径をそれぞれ異なるものとしてもよい。

第二の本発明の金属ヒータにおける、金属板の直径は200mm以上が望ましく、特に12インチ（300mm）以上であることが望ましい。その理由は、第

一の本発明と同様である。

第二の本発明の金属ヒータを構成する金属板は、その表面における平坦度が 50 μm 以下であることが望ましく、30 μm 以下であることがより望ましい。その理由は、第一の本発明と同様である。

5 このように平坦性に優れる金属ヒータを実現するためには、金属板が熱膨張した際の側面からの圧迫に伴う金属板の湾曲を防止する必要がある。このため、金属板の側面と支持容器（ボトムプレート）との間が密着しないように、スペースを確保することが望ましい。

また、金属板の反りを防止するためには、金属板の縁部を抑え板等で抑えつけ、
10 固定することが望ましい。その理由は、第一の本発明と同様である。

これに加えて、金属板とヒータ固定板の材質を同一のものとすることにより、これらの熱膨張率の差に起因する金属板の変形を防止することができる。

さらに、金属板を構成する材料は、熱伝導性に優れるとともに、剛性が高く、熱膨張した際にも、変形しにくいものが望ましく、金属板自体の加工が終了した
15 時点でより平坦度に優れたものとなっていることが望ましい。

第二の本発明の金属ヒータを構成する金属板の材質としては、例えば、第一の本発明で用いるものと同様のもの等が挙げられる。

また、第二の本発明においても、その材質は、第一の本発明と同様の理由でアルミニウム合金が望ましく、アルミニウム-銅の合金がより望ましい。

20 なお、第二の本発明の金属ヒータでは、上部金属板の材質と下部金属板の材質とが同一であることが望ましい。両者の熱膨張率の差により、上部金属板に反りや撓み等の変形が発生することを防止できるからである。

また、上記金属板の材質として、アルミニウム、アルミニウム合金等を用いる場合は、第一の本発明と同様、金属板の表面にアルマイト処理を施すことが望ましい。なお、アルマイト処理を行った場合の被膜の厚さとしては、1 μm 以上が望ましいが、硬質アルマイト処理では、被膜の厚さを3 μm 以上とすることができる。

第二の本発明の金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁は、金属板の外周から金属板の直径の25%以内の位置に存在していることが望ましい。

通常、金属板の外周部分では、金属板の外縁部からの放熱が発生するため、金属板の中心部分よりも低温となり、その結果、加熱面の温度が不均一になりやすいが、第二の本発明の金属ヒータでは、このような外周部分にも発熱体が配設されているため、被加熱物である半導体ウエハ等を温度のばらつきなく、均一に加熱することができる。

また、本発明者らは、上述した従来の金属ヒータが有する問題点に鑑み、加熱時における半導体ウエハ等の温度ばらつきが小さく、迅速に加熱することができ、かつ、金属板を薄くした場合であっても、金属板に反りや撓みが発生することのない金属ヒータを得ることを目的として鋭意研究を行った結果、金属板の材質を10 改良することにより、加熱時であっても金属板に変形が生じず、迅速に昇温を行うことができ、加熱面を均一な温度とすることができるを見出し、第三の本発明を完成するに至った。

すなわち、第三の本発明の金属ヒータは、金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、上記金属板は、アルミニウムー銅合金からなることを特徴とする。

第三の本発明の金属ヒータは、アルミニウムー銅合金からなる金属板を有している。

アルミニウムー銅合金からなる金属板は、アルミニウムまたは銅のみを含有する金属板と比較して、機械的な強度が高いため、金属板の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、金属板を薄くて軽いものとすることができる。

また、アルミニウムー銅合金からなる金属板は、アルミニウムのみを含有する金属板と比較して、熱伝導率に優れているため、発熱体の温度変化に合わせて、加熱面の温度を迅速に追従させることができる。すなわち、電圧、電流値を25 変えて発熱体の温度を変化させることにより、金属板の加熱面温度を的確に制御することができるのである。

さらに、アルミニウムー銅合金は、切削性に優れているため、金属板を容易に所望の形状にすることができる。

上記金属板は、アルミニウムを90～98%含有していることが望ましい。

90%未満では、耐食性が低下し、98%を超えると、機械的強度が低下するおそれがあるからである。

また、上記金属板は、銅を2~10%含有していることが望ましい。

2%以下では、金属板の強度が低下してしまうからであり、10%を超えると、
5 耐食性に劣ることとなるからである。

また、上記アルミニウム-銅合金には、アルミニウム、銅のほかに、マグネシウム、マンガン、ケイ素、亜鉛等を添加してもよい。加工性、耐食性、低膨張性等の諸機能を向上させることができるからである。

第三の本発明の金属ヒータでは、第一の本発明と同様、金属板の表面にアルマ
10 イト処理を施すことが望ましい。なお、上記被膜の厚さとしては、1μm以上が望ましいが、硬質アルマイド処理では、被膜の厚さを3μm以上とすることができる。

また、第三の本発明の金属ヒータは、一の金属板の底面に発熱体が設置されている構成であってもよく、金属板に設置された発熱体に、さらに別の金属板を取り付けるような構成、すなわち、2つの金属板の間に発熱体を挟持するような構成であってもよい。また、3以上の金属板の間に発熱体を挟持するような構成としてもよい。金属板を複数にすることにより、加熱面側の金属板の厚さを薄くした場合であっても、金属板に反りや撓みが発生することがなく、半導体ウェハ等を均一に加熱することができるからである。

20 2つの金属板の間に発熱体を挟持するような構成の金属ヒータでは、加熱面側の金属板の厚さが、加熱面と反対側の金属板の厚さと同じか、加熱面と反対側の金属板の厚さより薄いことが望ましい。

剛性の高い金属板を加熱面と反対側に設置することにより、金属ヒータ全体の強度を維持することができるとともに、加熱時における加熱面の平坦性が向上するため、半導体ウェハと金属板との距離をほぼ一定にすることが可能となり、半導体ウェハの全体が均一となるように加熱することができるからである。

なお、第三の本発明の金属ヒータでは、上部金属板の材質と下部金属板の材質とが同一であることが望ましい。両者の熱膨張率の差により、上部金属板に反りや撓み等の変形が発生することを防止できるからである。

以下、第三の本発明の説明においては、主に2つの金属板にヒータが挟持されている構成の金属ヒータについて説明することとする。なお、金属ヒータが上記のように2つの金属板を有する構成である場合、加熱面側の金属板のことを上部金属板といい、加熱面と反対側の金属板のことを下部金属板ということとする。

5 第三の本発明の金属ヒータにおいて、一の金属板の底面に発熱体が設置されている構成である場合は、金属板の厚さは、その上限が50mmであることが望ましい。発熱体に印加する電圧や電流量の変化に対して金属板の加熱面の温度が迅速に追従するため、半導体ウエハ等の被加熱物を迅速に加熱することができる。

また、金属板の温度追従性が優れているので、半導体製造・検査工程において、
10 金属ヒータの加熱面に半導体ウエハの載置した際、低下した温度を元に戻すまでの時間（リカバリー時間）を短くすることが可能となり、スループットを短縮することができ、生産性を向上させることができる。

より望ましい上限は、30mmである。熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じるからである。

15 また、2つの金属板の間に発熱体を挟持するような構成である場合、加熱面側の金属板の厚さの望ましい上限は、30mmであり、望ましい下限は、3mmであり、より望ましい上限は、20mmであり、より望ましい下限は、5mmである。

さらに、上部金属板の厚さと下部金属板の厚さの比（下部金属板の厚さ／上部金属板の厚さ）は、1～10であることが望ましい。10を超えると、下部金属板の熱容量が大きくなり過ぎ、被加熱物を迅速に加熱することができなくなるからである。

20 また、第三の本発明の金属ヒータでは、複数の金属板およびヒータの直径が全て同じであることが望ましい。ヒータの熱を均一化した状態で金属板の加熱面に伝達することができるからである。

なお、金属板と支持容器との間に断熱リング等を介設する場合等においては、金属板の直径をそれぞれ異なるものとしてもよい。

25 第三の本発明の金属ヒータにおける、金属板の直径は、200mm以上が望ましく、12インチ（300mm）以上であることが特に望ましい。その理由は、

第一の本発明と同様である。

第三の本発明の金属ヒータを構成する金属板は、その表面における平坦度が 50 μm 以下であることが望ましく、30 μm 以下であることがより望ましい。その理由は、第一の本発明と同様である。

5 このように平坦性に優れる金属ヒータを実現するため、第二の本発明と同様、金属板の側面と支持容器（ボトムプレート）との間が密着しないように、スペースを確保することが望ましく、また、金属板の反りを防止するため、金属板の縁部を押え板等で押え付け、固定することも望ましい。

これに加えて、金属板と押え板の材質を同一のものとすることにより、これら 10 の熱膨張率の差に起因する金属板の変形を防止することができる。

第三の本発明の金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁は、金属板の外周から金属板の直径の 25 % 以内の位置に存在していることが望ましい。

その理由は、第二の本発明と同様である。

15 図面の簡単な説明

図 1 は、第一～第三の本発明に係る金属ヒータの一例を模式的に示す断面図である。

図 2 は、図 1 に示した金属ヒータの一部を構成するヒータの水平断面図である。

図 3 は、第一～第三の本発明に係る金属ヒータの別の一例を模式的に示す断面 20 図である。

図 4 は、従来の金属ヒータの一例を模式的に示す断面図である。

図 5 は、第二の本発明に係る金属ヒータの金属板およびヒータを模式的に示す断面図である。

図 6 は、実施例 1 に係る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を示す 25 図である。

図 7 は、試験例 3 に係る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を示す図である。

図 8 は、実施例 2 に係る金属ヒータに、25 °C のシリコンウエハを載置した場合のシリコンウエハの各測定箇所における温度と時間との関係を示すグラフであ

る。

図9は、試験例1に係る金属ヒータに、25°Cのシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間との関係を示すグラフである。

5 図10は、140°Cにおける実施例1に係る金属ヒータ加熱面の三次元形状を示す図である。

図11は、140°Cにおける試験例2に係る金属ヒータ加熱面の三次元形状を示す図である。

10 図12は、実施例7に係る金属ヒータに、25°Cのシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間との関係を示すグラフである。

図13は、常温における実施例7に係る金属ヒータ加熱面の一部の三次元形状を示す図である。

15 図14は、140°Cにおける実施例7に係る金属ヒータ加熱面の一部の三次元形状を示す図である。

図15は、実施例13に係る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を示す図である。

図16は、試験例4に係る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を示す図である。

20 図17は、実施例14に係る金属ヒータに、25°Cのシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間の関係を示すグラフである。

25 図18は、比較例2に係る金属ヒータに、25°Cのシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間の関係を示すグラフである。

図19は、140°Cにおける実施例13に係る金属ヒータ加熱面の三次元形状を示す図である。

図20は、140°Cにおける試験例5に係る金属ヒータ加熱面の三次元形状を示す図である。

符号の説明

50、110、130 金属ヒータ

51、111 金属板

5 51a、111a、131a 加熱面

52、112、132 ヒータ

54、114、134 有底孔

55、115、135 貫通孔

56、116、136 測温素子

10 57、117、137 金属板固定用ネジ

58、118、138 支持ピン

59、119、139 半導体ウェハ

60、120、140 支持容器

61 中プレート

15 62 断熱リング

121、ヒータ固定板

122、142 押え板

123、143 遮熱板

124、144 導電線

20 125 (125a、125b) 発熱体

126 マイカ板

131 上部金属板

141 下部金属板

25 発明の詳細な開示

以下、第一～第三の本発明の金属ヒータについて順に説明する。

ここで、第一～第三の本発明の金属ヒータは、それぞれ略同様の形態を有しているため、同一の図面（図1～3）を参照しながら説明する。図1は本発明に係る金属ヒータの一例を模式的に示す断面図であり、図2は、図1の水平断面図で

あり、図3は、本発明に係る金属ヒータの別の一例を模式的に示す断面図である。

まず、第一の本発明の実施形態について説明する。

第一の本発明の金属ヒータは、金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、上記金属板は、厚さが50mm以下であり、その表面の平坦度が50μm以下であるとともに、上記発熱体が形成されている領域の外縁は、上記金属板の外周から上記金属板の直径の25%以内の位置にあることを特徴とする。

まず、図1に示した金属ヒータについて説明する。

この金属ヒータ110では、円板形状の金属板111の底面にヒータ112が設置されており、ヒータ112は、ヒータ固定板121を介して、金属板固定ネジ117により金属板111に固定されている。

金属ヒータ110では、金属板111の加熱面111aにおける平坦度が50μm以下となっている。従って、金属ヒータ110を用いて半導体ウェハを加熱する場合には、半導体ウェハと金属板との距離をほぼ一定にすることが可能となり、半導体ウェハの全体が均一となるように加熱することができる。

また、金属ヒータ110は、図4に示す金属ヒータ50と以下の点で相違している。

まず、金属ヒータ100では、金属板111、ヒータ112およびヒータ固定板121の側面が支持容器120と密着しておらず、非接触の状態で固定されている点において、図4に示す金属ヒータ50と相違している。このような構成とすることにより、金属板111が熱膨張した際の側面からの圧迫に伴う湾曲を防止することができるとともに、被加熱物を加熱する際に、金属板等からの熱の逃散が少なく、被加熱物を迅速に加熱することができる。

また、金属板111の加熱面111aの外周部には、押え板122が設置されており、この押え板122と金属板固定ネジ117とにより、金属板111、ヒータ112およびヒータ固定板121を確実に支持容器120に固定することができるため、金属板を薄くしたことに伴う金属板111自身の変形により、そりや撓みが発生することを防止することができる。

さらに、図1に示す金属ヒータ110と、図4に示す金属ヒータ50とは、上述した金属板の厚さや押え板の有無等のほかにも、金属板固定ネジ117が支持

容器 120 を貫通せず、金属板 111、ヒータ 112 およびヒータ固定板 121 のみを貫通し、これらを固定している点で相違している。このような構成とすることにより、金属板 111 と支持容器 120 との間の熱膨張率の差に起因する金属板 111 の変形を防止することができるとともに、被加熱物を加熱する際に、
5 金属板等からの熱の逃散が少なく、被加熱物を迅速に加熱することができる。

また、支持容器 120 の底部には、遮熱板 123 が設置されており、金属板 111 およびヒータ固定板 121 からの熱が装置に伝達することを防止することができる構成となっている。

また、金属ヒータ 110 には、有底孔 114 が形成され、有底孔 114 には、
10 金属板の 111 の温度を測定するための測温素子が埋め込まれている。

さらに、金属ヒータ 110 には、先端が尖塔状の支持ピン 118 を介して半導体ウエハ 119 が載置されており、半導体ウエハ 119 を金属板 111 の加熱面より一定距離離間させた状態で、支持し加熱することができる。

なお、金属ヒータ 110 には、金属板 111、ヒータ 112、ヒータ固定板 121 および支持容器 120 を貫通する貫通孔 115 も設けられており、貫通孔 115 に柱状のリフターピン等を挿通することによっても、被加熱物である半導体ウエハ 119 を金属板 111 の加熱面 111a より一定距離離間させた状態で支持し、半導体ウエハ 119 を搬送することができるようになっている。

そして、ヒータ 112 は導電線 124 と接続されており、導電線 124 は、支持容器 120 および遮熱板 123 に形成された貫通孔から外部に引き出され、電源等（図示せず）と接続されている。

また、図 2 に示したように、ヒータ 112 は、金属板 111 およびヒータ固定板 121 と同様に平面視円形状であり、金属板 111 の加熱面 111a 全体の温度が均一になるように加熱するため、ヒータ 112 の内部には、閉回路からなる
25 発熱体 125a、125b が配置されている。

ヒータ 112 では、ヒータ 112 の外周部に屈曲線が円環状に繰り返して閉回路が形成されたパターンからなる発熱体 125b が配置され、その内部に同心円の一部を描くようにして繰り返した閉回路が形成されたパターンからなる発熱体 125a が配置されている。

さらに、図示はしていないが、ヒータ112は、2枚のマイカ板126で発熱体125を挟持し、固定した構成となっており、通電時は発熱体125がマイカ板126を加熱して、マイカ板126の2次輻射によって被加熱物を加熱することができるようになっている。

5 第一の本発明の金属ヒータがこのような形態を有する場合、金属板111は、その厚さが50mm以下であり、図4に示す金属ヒータ50の金属板51と比較して薄いものとなっている。そのため、半導体ウェハ119を迅速に昇温を行うことができるとともに、リカバリー時間の短い金属ヒータとすることができます。

また、第一の本発明の金属ヒータでは、厚さが50mm以下であり、かつ、平
10 坦度が50μm以下の金属板を実現するため、図4に示す金属ヒータ50とは、上述した点で相違している。

また、第一の本発明の金属ヒータがこのような形態を有する場合、ヒータ112の内部に形成された発熱体125の外縁は、金属板111の外周から金属板111の直径の25%以内の位置に存在している。通常、金属板111の外周部分
15 では、金属板111の外周部分の表面からの放熱により、温度が不均一になりやすいが、第一の本発明の金属ヒータでは、このような外周部分にも発熱体が配設されているため、被加熱物である半導体ウェハ等を温度のばらつきなく、均一に加熱することができる。

次に、図3に示した金属ヒータについて説明する。

20 図3に示した金属ヒータ130では、円板形状の上部金属板131と下部金属板141との間に、ヒータ132が挟持されており、上部金属板131、ヒータ132および下部金属板141は、金属板固定ネジ137により固定されている。

ここで、上部金属板131は、図1に示す金属ヒータ110の金属板111と比較して薄いものとなっているとともに、下部金属板141と比べてもさらに薄
25 いものとなっている。従って、図3に示す金属ヒータ130は、被加熱物を迅速に加熱することができ、リカバリー時間の短いものとすることができます。

また、上部金属板131よりも厚く、剛性が大きい下部金属板141をヒータ132の底面に設置することにより、加熱時における上部金属板131の変形を防止することができる。

さらに、金属ヒータ130では、金属板固定用ネジ137のネジ頭が下部金属板141に埋め込まれるような構成となっている。従って、上部金属板131、ヒータ132および下部金属板141をより確実に支持容器140の内部に固定することができ、図1に示す金属ヒータ110と比較して、上部金属板131に

5 反りや撓み等の変形が生じにくい構造となっている。

なお、図3に示した形態の金属ヒータ130では、下部金属板141に貫通孔を形成し、この貫通孔に導電線134を挿通するような構成となっているが、導電線134はヒータ132の側面においてヒータの内部に設置された発熱体と接続することとしてもよい。

10 また、このような形態の金属ヒータ130では、上部金属板131にネジ穴が設けられておらず、金属板固定ネジ137は、ヒータ132および下部金属板141のみを固定しており、上部金属板131の固定は、加熱面の外周部に設置された押え板132で押えつけることにより行っている。このような構成とすることにより、上部金属板131とヒータ132との熱膨張率の差に起因する金属板15 の変形を防止することができる。

なお、図3に示した金属ヒータ130は、上述した以外の部分の構成については、図1に示した金属ヒータ110と同様である。従って、その説明を省略することとする。

第一の本発明の金属ヒータが図3に示したような形態を有する場合もまた、金属板の厚さ（上部金属板と下部金属板の合計厚さ）は、50mm以下であり、その表面の平坦度は、50μm以下であるため、上述したように、迅速な昇温が可能で、リカバリー時間が短く、さらに、半導体ウェハの全体を均一に加熱することができる。

さらに、第一の本発明の金属ヒータがこのような形態を有する場合、図示はしていないが、金属ヒータ130では、ヒータ132の内部に形成された発熱体の外縁が上部金属板131の外周から上部金属板131の直径の25%以内の位置に存在するような構成となっている。これにより、被加熱物である半導体ウェハ等を温度のばらつきなく、均一に加熱することができる。

なお、第一の本発明の金属ヒータの構成部材、および、該金属ヒータの製造方

法については、後述する。

次に、第二の本発明の実施形態について説明する。

第二の本発明の金属ヒータは、金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、上記金属板は複数であるとともに、上記金属板の間には、上記発熱体が
5 挟持されており、加熱面側の金属板の厚さが、加熱面と反対側の金属板の厚さと同じか、上記加熱面と反対側の金属板より薄いことを特徴とする。

第二の本発明の金属ヒータの一例としては、2つの金属板の間にヒータが挟持されている構成の金属ヒータがある。このような構成の金属ヒータとしては、例えば、図3に示したような形態の金属ヒータが挙げられる。

10 なお、図3に示した金属ヒータ130では、金属板131の加熱面131aにおける平坦度は、50μm以下であるが、第二の本発明の金属ヒータにおける加熱面の平坦度は、50μm以下に限定されるわけではない。

また、第二の本発明の金属ヒータが、図3に示したような形態を有している場合、ヒータ132の内部に形成された発熱体の外縁は、金属板131の外周から
15 金属板131の直径の5%以内の位置に存在していることが望ましい。通常、金属板131の外周部分では、金属板131の外周部分の表面からの放熱により、温度が不均一になりやすいが、上記の場合、このような外周部分にも発熱体が配設されていることとなるため、被加熱物である半導体ウェハ等を温度のばらつきなく、均一に加熱することができる。

20 第二の本発明の金属ヒータの構成部材、および、該金属ヒータの製造方法については、後述する。

次に、第三の本発明の実施形態について説明する。

第三の本発明の金属ヒータは、金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、上記金属板は、アルミニウムー銅合金からなることを特徴とする。

25 まず、第三の本発明の金属ヒータの一例として、一の金属板の底面にヒータが設置されている金属ヒータについて説明する。このような構成の金属ヒータとしては、例えば、図1に示したような形態の金属ヒータが挙げられる。

図1に示したような形態の第三の本発明の金属ヒータにおいて、金属板111の材質は、熱伝導性に優れ、機械的強度が強いアルミニウムー銅合金からなる。

そのため、発熱体の温度変化に合わせて、加熱面の温度を迅速に追従させることができ、金属板の加熱面を所定の温度にすることができるとともに、金属板の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりせず、金属板を薄くて軽いものとすることができます。

5 また、第三の本発明の金属ヒータが、図3に示した形態を有する場合、金属板131の厚さが50mm以下であることが望ましい。

まだ、図3に示した金属ヒータ130では、金属板131の加熱面131aにおける平坦度は、50 μ m以下であるが、第三の本発明の金属ヒータにおける加熱面の平坦度は、50 μ m以下に限定されるわけではない。

10 また、第三の本発明の金属ヒータが、図3に示したような形態を有している場合、ヒータ132の内部に形成された発熱体の外縁は、金属板131の外周から金属板131の直径の5%以内の位置に存在していることが望ましい。その理由は、第二の本発明と同様である。

また、第三の本発明の金属ヒータは、図3に示すような形態であってもよい。

15 第三の本発明の金属ヒータの構成部材、および、該金属ヒータの製造方法については、後述する。

次に、上述した第一～第三の本発明の金属ヒータの材質や形状等について説明する。ここで、第一～第三の本発明の金属ヒータの材質や形状等は略同様であるため、併せて説明することとする。

20 第一～第三の本発明の金属ヒータにおいて、金属板には、被加熱物を載置する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に熱電対等の測温素子（図示せず）を設けることが望ましい。

また、有底孔の底と加熱面との距離は、0.1mm～金属板の厚さの1/2であることが望ましい。

これにより、測温場所が発熱体よりも加熱面に近くなり、より正確な半導体ウエハの温度の測定が可能となるからである。

有底孔の底と加熱面との距離が0.1mm未満では、放熱てしまい、加熱面に温度分布が形成され、厚さの1/2を超えると、発熱体の温度の影響を受けや

すくなり、温度制御できなくなり、やはり加熱面に温度分布が形成されてしまうからである。

有底孔の直径は、0.3～5mmであることが望ましい。これは、大きすぎると放熱性が大きくなり、また小さすぎると加工性が低下して加熱面との距離を均等にすることができないからである。

上記測温素子としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等が挙げられる。

また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602(1980)に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K型熱電対が好ましい。

上記熱電対の接合部の大きさは、素線の径と同じか、または、それよりも大きく、0.5mm以下であることが望ましい。これは、接合部が大きい場合は、熱容量が大きくなつて応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径より小さくすることは困難である。

上記測温素子は、金ろう、銀ろう、半田、接着剤などを使用して、有底孔の底に接着してもよく、有底孔に挿入した後、耐熱性樹脂で封止してもよく、両者を併用してもよい。

上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドートリアジン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

上記金ろうとしては、37～80.5重量%Au-63～19.5重量%Cu合金、81.5～82.5重量%:Au-18.5～17.5重量%:Ni合金から選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらは、溶融温度が、900℃以上であり、高温領域でも溶融しにくいためである。

銀ろうとしては、例えば、Ag-Cu系のものを使用することができる。

また、第一～第三の本発明においては、発熱体が設けられたヒータを金属板の表面（底面）に設置してもよく、金属板に設置されたヒータに、さらに別の金属板を取り付けるような構成、すなわち、2つの金属板の間にヒータを挟持するような構成としてもよい。

発熱体が設けられたヒータをこのような位置に設定することにより、発熱体から発生した熱が伝搬していくうちに、金属板全体に拡散し、被加熱物（半導体ウエハ）を加熱する面の温度分布が均一化され、その結果、被加熱物の各部分における温度が均一化される。

5 上記ヒータとしては、図2に示すようなマイカヒータ、シリコンラバーヒータ等を用いることができる。また、単に絶縁性のシールに発熱線を形成したものヒータとして使用することもできる。

上記マイカヒータとしては、任意のパターンに形成したニクロム線等の発熱体を絶縁体であるマイカ板で挟持したものを使用することができる。

10 また、上記シリコンラバーヒータとしては、任意のパターンに形成したニクロム線等の発熱体を絶縁体であるシリコンラバーで挟持したものを使用することができる。

上記ヒータを加熱するための発熱体については、電圧を印加した場合に発熱するものであれば、上述したニクロム線に限らず、タングステン線やモリブデン線、ステンレス線等の他の金属線等であってもよい。

また、発熱体としては、金属線の他に金属箔を使用することもできる。上記金属箔としては、ニッケル箔、ステンレス箔をエッチング等でパターン形成して発熱体としたものが望ましい。パターン化した金属箔は、樹脂フィルム等ではり合わせてもよい。

20 さらに、発熱体を被覆する絶縁体についても、短絡を防止することができ、高温にも耐え得る材質のものであれば、上述したマイカ板やシリコンラバーに限らず、例えば、フッ素樹脂、ポリイミド樹脂、ポリベンゾイミダゾール（PBI）等であってもよく、セラミック等からなる繊維をマット状にしたものを用いてもよい。

25 上記金属ヒータがヒータを金属板で挟持した形状である場合には、上記ヒータを複数設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにどこかの層に発熱体が形成され、加熱面の上方から見ると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。

また、金属板の表面にヒータを設置する場合は、加熱面はヒータ設置面の反対側であることが望ましい。金属板が熱拡散の役割を果たすため、加熱面の温度均一性を向上させることができるのである。

また、第一～第三の本発明の金属ヒータにおける発熱体のパターンとしては、
5 図2に示したようなパターンに限らず、例えば、同心円状のパターン、渦巻き状のパターン、偏心円状のパターン等も用いることができる。また、これらは併用してもよい。

また、最外周に形成された発熱体パターンを、複雑に分割されたパターンとすることで、温度が低下しやすい金属ヒータの最外周で細かい温度制御を行うこと
10 が可能となり、金属ヒータの温度のばらつきを抑えることができる。

また、上記発熱体の面積抵抗率は、0.1～10Ω／□が好ましい。面積抵抗率が10Ω／□を超えると、発熱量を確保するために、発熱体の直径を非常に細くしなければならず、このため、わずかな欠け等で断線したり、抵抗値が変動したりするからである。また、面積抵抗率が0.1Ω／□未満の場合は、発熱体の
15 直径を大きくしなければ、発熱量を確保できず、その結果、発熱体パターン設計の自由度が低下し、加熱面の温度を均一にすることが困難となるからである。

発熱体と電源とを接続するための手段としては、図1、3で示すように導電線を圧着等で発熱体の両端部に取り付け、この導電線を介して電源等と接続することとしてもよく、発熱体の両端部に端子を取り付け、この端子を介して電源等と接続することとしてもよい。上記端子は、圧着により発熱体に取り付けることが
20 望ましい。

また、上記端子は、半田を介して発熱体に取り付けてよい。ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コバール製の外部端子が挙げられる。

接続端子を接続する場合、半田としては、銀一鉛、鉛ースズ、ビスマスースズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1～50μm
25 が好ましい。半田による接続を確保するのに充分な範囲だからである。

また、第一～第三の本発明の金属ヒータでは、金属板とヒータとの間に中プレートを介設することとしてもよい。このような中プレートを介設することにより、

発熱体で発生させた熱をより均一化した状態で金属板に伝達することができる。

上記中プレートの材質としては、熱伝導性に優れる金属が望ましく、例えば、銅、銅合金等を使用することができる。

また、図1または図3に示した形態の金属ヒータでは、金属板の側面と支持容器とが非接触となっているが、これらが接触しているような構成である場合には、金属板の側面と支持容器との間に断熱リングを介設することが望ましい。金属板の外周部において、熱が逃散することにより、金属板の加熱面に温度のばらつきが発生することを防止できる。

上記支持容器および上記遮熱板は、一体化されていてもよく、遮熱板が支持容器に連結固定されていてもよいが、支持容器と遮熱板とが、一体的に形成されていことが望ましい。金属ヒータ全体の強度を確保することができるからである。

上記支持容器は、円筒形状であることが望ましく、上記遮熱板は、円板形状であることが望ましい。

また、上記支持容器および上記遮熱板の厚みは、0.1～5mmであることが望ましい。0.1mm未満では、強度に乏しく、5mmを超えると熱容量が大きくなるからである。

上記支持容器および上記遮熱板は、加工等が容易で機械的特性に優れるとともに、金属ヒータ全体の強度を確保できるように、SUS、アルミニウム、インコネル（クロム16%、鉄7%を含むニッケル系の合金）等の金属により構成されることが望ましい。

なお、上記支持容器と上記遮熱板とが、一体化されていない場合、上記遮熱板としては、遮熱性に優れるように、例えば、耐熱性樹脂、セラミック板、これらに耐熱性の有機纖維や無機纖維が配合された複合板等、余り熱伝導率が大きくなく、かつ、耐熱性に優れたものを用いることも可能である。

また、支持容器または遮熱板には、冷媒導入管を取り付けることとしてもよい。金属ヒータを冷却するための強制冷却用の冷媒等を導入することにより、金属ヒータを迅速に降温させることができるからである。さらに、支持容器または遮熱板には、導入した強制冷却用の冷媒等を排出するための貫通孔が形成されていることとしてもよい。

次に、第一～第三の本発明に係る金属ヒータの製造方法の一例として、図3に示す形態の金属ヒータの製造方法について説明することとする。

なお、第一および第三の本発明の金属ヒータは、必ずしも図3に示すように、2つの金属板により、ヒータを挟持する形状でなくてもよい。

5 (1) 金属板の作製工程

アルミニウム-銅合金等からなる板状体に、NC旋盤を用いて外径加工を行い、円板形状とした後、この板状体に端面加工、表面加工および裏面加工を順に行う。

このとき、上部金属板となる板状体の厚さを、下部金属板となる板状体よりも薄くする。

10 次に、マシニングセンタ(MC)等を用いて、半導体ウェハを支持するためのリフターピンを挿入する貫通孔となる部分、支持ピンを設置するための凹部、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分を形成する。また、同様にして所定の位置に有底孔を形成した後、この有底孔にネジ溝を形成することにより、金属板固定用ネジを挿通するためのネジ穴を形成する。

15 そして、上部金属板となる板状体にロータリー研削盤を用いて表面研削処理を施すことにより、上部金属板および下部金属板を製造する。この表面研削処理を行うことにより、金属板の表面の平坦度を20～30μm程度にすることができる。

20 次に、上記金属板にアルマイト処理を施し、上記金属板の表面に酸化被膜を形成する。このような処理を行うことにより、金属板の耐食性が向上するとともに、表面が硬くなるため、金属板に傷等が付きにくくなる。また、実際の半導体製造・検査工程で使用する場合であっても、金属板がレジスト液や腐食性ガス等によって腐食されにくくなる。

25 なお、上記アルマイト処理(陽極酸化被膜処理)としては、例えば、硫酸法、シュウ酸法等を用いることができるが、処理後の耐食性、電解液のコスト、作業性等の点から硫酸法を用いることが望ましい。

(2) ヒータの設置

所定のパターンに加工したニクロム線等の発熱体をマイカ板で挟持したヒータを、上部金属板と下部金属板の間に設置し、金属板およびヒータに設けられたネ

ジ孔に金属板固定用ネジを挿通した後、締め付けて金属板とヒータとを一体化する。

なお、発熱体は、ヒータ全体を均一な温度にする必要があることから、屈曲線が円環状に繰り返しや同心円の一部を描くようにして繰り返しを基本にしたパターン等とすることが好ましい。

また、金属板とヒータとの間には、銅等のように熱伝導性に優れる材料からなる中プレートを挟持させることとしてもよい。これにより、ヒータから放射される熱をより均一化した状態で金属板に伝達することができる。

(3) 支持容器の取り付け

そして、このように金属板とヒータとを一体化させた装置を図3に示したような円筒形状の支持容器に支持、固定する。また、上部金属板の加熱面の外周部と支持容器との間に、抑え板を取り付けることにより、金属板の変形を防止できるとともに、金属板をより強固に支持、固定することができる。

なお、支持容器には、その底面に支持容器と同様の材質により構成される遮熱板を設置するとともに、測温素子、導電線等を挿通できるような貫通孔を形成しておく。

第一～第三の本発明の金属ヒータにおいては、図3に示すように金属板およびヒータの側面と支持容器とが非接触の状態で支持、固定されていることが望ましい。

金属板およびヒータの側面から熱が逃散することにより、金属板の加熱面の外周部が低温となる場合があるからである。

なお、金属板およびヒータの側面と支持容器とが接触した状態で支持、固定されている場合には、金属板と支持容器との間にポリイミド樹脂、フッ素樹脂等からなる断熱リングを介設することが望ましい。

(4) 電源等への接続

ヒータに設けられた発熱体の両端部に電源との接続のための端子（外部端子）を圧着で取り付け、外部の電源等に接続し、金属ヒータの製造を終了する。

なお、上述した貫通孔および有底孔を形成する工程は、金属板にヒータを取り付けた後に行うこととしてもよいが、金属板、ヒータおよび支持容器のそれぞれ

に予め貫通孔および有底孔となる開口を形成しておくことが望ましい。

なお、上述した方法で金属ヒータを製造する場合、第一および第三の本発明の金属ヒータは、必ずしも図3に示すように、上部金属板が下部金属板よりも薄くなっているなくてもよく、上部金属板の厚さと下部金属板の厚さとが同じであって
5 もよい。

発明を実施するための最良の形態

以下、第一～第三の本発明を実施例によりさらに詳細に説明する。

以下の実施例では、半導体ウェハを加熱する金属ヒータを例に示すが、第一～
10 第三の本発明は、光導波路の温度調整用ヒータとしても使用することができる。

(実施例1)

金属ヒータ(図1、2参照)の製造

(1) アルミニウム-銅合金(A2219 (JIS-H4000))からなる板状体にNC旋盤(ワシノ機械社製)を用いて外径加工を行い、円板形状とした後、この円板体に端面加工、表面加工および裏面加工を施すことにより、金属板用の円板体およびヒータ固定板用の円板体を製造した。

次に、マシニングセンタ(日立精機社製)を用いて、これらの円板体に半導体ウェハ119を支持するためのリフターピンを挿入する貫通孔115となる部分、支持ピン118を設置するための凹部、測温素子116を埋め込むための有底孔114となる部分を形成した。また、同様にして所定の位置に有底孔または貫通孔を形成した後、これらの有底孔または貫通孔にネジ溝を形成することにより、円板体に金属板固定用ネジ117を挿通するためのネジ穴を形成した。

なお、貫通孔115は3箇所に形成し、支持ピン118を設置するための凹部は4箇所に形成した。

25 (2) 次に、(1)の工程で製造された金属板用の円板体の加熱面側表面に、ロータリ研削盤(岡本工作機械製作所製)を用いて表面研削処理を施し、厚さ20mm、直径330mmの金属板(上部金属板)111および厚さ5mm、直径330mmのヒータ固定板(下部金属板)121を得た。

(3) 次に、金属板111およびヒータ固定板121を電解液 10% H₂S

○₄、電圧 10V、電流密度 0.8A/dm²、液温 20°Cの条件でアルマイト処理を行い、金属板111およびヒータ固定板121の表面に厚さ15μmの酸化被膜を形成した。

(4) そして、図2に示すような屈曲線が円環状に繰り返したパターンおよび

5 同心円の一部を描くようにして繰り返したパターンに加工したニクロム線からなる発熱体125a、125bを厚さ0.3mmの2枚のマイカ板126で挟持し、直径330mmのヒータ112を得た。

なお、ヒータ112では、発熱体が形成されている領域の外縁が、金属板111の外周から金属板111の直径の7%の位置となるように発熱体を形成すると10ともに、発熱体125の回路の総数は4とした。

また、マイカ板126には、貫通孔115となる部分、有底孔114となる部分および金属板固定ネジ117を挿通するためのネジ孔となる部分を予め形成しておいた。

その後、(1)～(3)の工程で製造した金属板111およびヒータ固定板121でヒータ112を挟み込み、金属板111、ヒータ固定板121およびヒータ112に設けられたネジ孔に金属板固定用ネジ117を挿通した後、これを締め付けることにより、金属板111、ヒータ固定板121およびヒータ112を一体化した。

(5) 次に、図1に示したような円筒形状でSUS製の支持容器120を製造20し、この支持容器120の底面に貫通孔115となる部分、有底孔114となる部分および導電線124を挿通するための貫通孔を形成した後、支持容器120の底部に円板形状でSUS製の遮熱板123を設置した。

そして、遮熱板123が設置された支持容器120の内部に、(4)で製造したヒータ112およびヒータ固定板121が取り付けられた金属板111を配置25し、金属板111の加熱面の外周部に押え板122を取り付けることにより、支持容器120の内部に固定した。

(6) 温度制御のための測温素子116を有底孔114に挿入した後、ポリイミドで有底孔114を封止した。また、金属板111の加熱面に形成された凹部に支持ピン118を設置した。

(7) 次いで、ヒータ112に設けられた発熱体の両端部に電源との接続のための導電線124を圧着で取り付け、外部の電源等に接続し、金属ヒータ110を得た。

(実施例2)

5 金属ヒータの製造

金属板111の厚さを5mmとし、ヒータ固定板121の厚さを20mmとした以外は、実施例1と同様にして、金属ヒータを製造した。

なお、上記金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁が、金属板111の外周から金属板111の直径の15%の位置に存在している。

10 (実施例3)

金属ヒータ(図3参照)の製造

(1) 実施例1の(1)～(2)と同様にして、上部金属板131および下部金属板141を製造した後、実施例1の(3)と同様にして、上部金属板131および下部金属板141にアルマイト処理を行った。

15 なお、上部金属板131は、厚さ2mm、直径330mmとし、下部金属板141は、厚さ20mm、直径330mmとした。

(2) 次に、実施例1の(4)～(7)と同様にして、上部金属板131および下部金属板141とヒータ132とを一体化した後、支持容器140に設置することにより、金属ヒータ130を製造した。

20 なお、本実施例の金属ヒータでは、上部金属板131にネジ孔を形成せず、金属板固定用ネジ137のネジ頭が下部金属板141に埋め込まれる構造とすることにより、下部金属板141の底面が支持容器140の内面に接触するような構成とした。

25 なお、上記金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁が、上部金属板131の外周から上部金属板131の直径の1%の位置に存在している。

(実施例4)

金属ヒータの製造

上部金属板の厚さを5mmとし、下部金属板の厚さを45mmとした以外は、実施例3と同様にして金属ヒータを製造した。

なお、上記金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁が、上部金属板の外周から上部金属板の直径の25%の位置に存在している。

(実施例5)

金属ヒータの製造

5 上部金属板の厚さを15mmとし、下部金属板の厚さを20mmとした以外は、実施例3と同様にして金属ヒータを製造した。

なお、上記金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁が、上部金属板の外周から上部金属板の直径の10%の位置に存在している。

(試験例1)

10 実施例1の(1)～(3)の工程を行う際に、金属板の厚さを55mmとした以外は、実施例1と同様にして金属ヒータを製造した。

(試験例2)

実施例1の(2)の工程で、金属板用円板体の加熱面側表面に表面研削処理を施さなかった以外は実施例1と同様にして金属ヒータを製造した。

15 (試験例3)

実施例1の(4)の工程で、発熱体が形成されている領域の外縁が、金属板の外周から金属板の直径の30%の位置となるように発熱体を形成した以外は実施例1と同様にして金属ヒータを製造した。

実施例1～5および試験例1～3に係る金属ヒータに通電することにより昇温
20 し、下記の方法により評価した。

その結果を表1に示す。なお、金属板の直径に対する、金属板の外周から発熱体の外縁の位置までの距離の割合(外縁位置)についても表1に示した。

評価方法

(1) 定常時における面内温度均一性

25 金属ヒータを140℃まで昇温した後、熱電対を備えた温度センサ付ウェハを金属ヒータの加熱面に載置し、加熱面の温度分布を測定した。温度分布は、昇温中における最高温度と最低温度との温度差の最大値で示す。

また、実施例1に係る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を図6に、試験例3に係る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を図7に示す。

（2）過渡時における面内温度均一性

金属ヒータにより、温度センサ付ウェハを常温～140°Cまでの加熱した時の温度センサ付ウェハ面内の温度分布を測定した。温度分布は、100°C、120°Cおよび130°Cにおいて測定し、最高温度と最低温度との温度差の最大値を示す。

（3）昇温時間

金属ヒータを常温～140°Cまで昇温した時の昇温時間を測定した。

（4）リカバリー時間

140°C設定温度で、25°Cのシリコンウェハを載置した場合に、140°Cまで回復する時間（リカバリー時間）を測定した。

また、実施例2に係る金属ヒータに、25°Cのシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間との関係を図8に、試験例1に係る金属ヒータに、25°Cのシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間との関係を図9に示す。

（5）平坦度の測定

常温および140°Cにおける金属板の加熱面の平坦度をレーザ変位計（キーエンス社製）を用いて測定した。

また、140°Cにおける実施例1に係る金属ヒータ加熱面の三次元形状を図10に、140°Cにおける試験例2に係る金属板加熱面の三次元形状を図11に示す。

表1

5

10

15

20

25

	金属板の厚さ(mm)		定常時面内温度分布(℃)			過渡時面内温度分布(℃)			昇温時間 (秒)	リカバリ一時間 (秒)	平坦度(μm)	外縁位置 (%)
	上部金属板	下部金属板	(40℃)	100℃	120℃	130℃						
実施例1	20	5	0.24	5.38	2.80	1.51	1367	32	29	35	7	
実施例2	5	20	0.29	5.75	2.10	1.46	1015	39	28	29	15	
実施例3	2	20	0.48	4.50	4.04	2.16	967	40	34	42	1	
実施例4	5	45	0.44	6.18	3.96	3.03	1008	48	33	38	25	
実施例5	15	20	0.49	5.23	3.47	1.94	1072	42	44	50	10	
試験例1	55	5	0.61	9.11	8.10	4.46	1622	243	27	31	7	
試験例2	20	5	0.62	8.95	6.22	3.61	1407	267	55	56	7	
試験例3	20	5	0.67	12.67	10.00	5.57	1405	228	19	27	30	

表1 および図6に示すように、実施例1～5に係る金属ヒータは、定常時およ

び過渡時において、金属板の加熱面の温度が均一であった。これは、表1および図10に示すように、平坦度が50μm以下であるため、金属板とセンサウエハとの距離にばらつきがなく、均一に加熱できたものと考えられる。

また、実施例1～5に係る金属ヒータでは、金属板の外周部にも発熱体が設けられており、金属板の加熱面において、中心部と外周部との間で温度差が小さくなるためであると考えられる。

さらに、表1および図8に示すように、実施例1～5に係る金属ヒータでは、昇温時間およびリカバリー時間が短くなっていた。これは、実施例1～5に係る金属ヒータでは、金属板の厚さが50mm以下であるため、発熱体の温度変化に対して金属板の加熱面の温度が迅速に追従し、被加熱物を迅速に加熱することができたものと考えられる。

一方、試験例1に係る金属ヒータは、表1および図9に示すように、昇温時間およびリカバリー時間が実施例1～5に係る金属ヒータに比べて劣っていた。このことから金属板の厚さは、50mm以下が望ましいことが明らかとなった。

また、試験例2に係る金属ヒータは、表1に示すように、定常時および過渡時における金属板の加熱面の温度均一性に劣るものであった。また、試験例2に係る金属ヒータは、図11に示すように加熱面の平坦性に劣るものであった。このことから金属板の表面の平坦度は、50μm以下が望ましいことが明らかとなった。

また、試験例3に係る金属ヒータの加熱面の温度均一性（表1、図7参照）と、実施例1～5に係る金属ヒータの加熱面の温度均一性との比較から、金属板の外周部に発熱体が形成されていることが望ましいことが明らかとなった。

（実施例6）

金属ヒータ（図3参照）の製造

（1）アルミニウム一銅合金（A2219（JIS-H4000））からなる板状体にNC旋盤（ワシノ機械社製）を用いて外径加工を行い、円板形状とした後、この円板体に端面加工、表面加工および裏面加工を施すことにより、上部金属板用の円板体および下部金属板用の円板体を製造した。

次に、マシニングセンタ（日立精機社製）を用いて、これらの円板体に半導体

ウエハ 139 を支持するためのリフターピンを挿入する貫通孔 135 となる部分、支持ピン 138 を設置するための凹部、測温素子 136 を埋め込むための有底孔 134 となる部分を形成した。また、同様にして所定の位置に有底孔または貫通孔を形成した後、これらの有底孔または貫通孔にネジ溝を形成することにより、

5 円板体に金属板固定用ネジ 137 を挿通するためのネジ穴を形成した。

なお、貫通孔 135 は 3箇所に形成し、支持ピン 138 を設置するための凹部は 4箇所に形成した。

(2) 次に、(1) の工程で製造された上部金属板用の円板体の加熱面側表面に、ロータリー研削盤（岡本工作機械製作所製）を用いて表面研削処理を施し、

10 厚さ 5 mm、直径 330 mm の上部金属板 131 および厚さ 15 mm、直径 330 mm の下部金属板 141 を得た。

なお、本実施例では、上部金属板 131 の厚さが下部金属板 141 の厚さよりも薄いものとなっている。

(3) 次に、上部金属板 131 および下部金属板 141 を電解液 10% H₂SO₄、電圧 10 V、電流密度 0.8 A/dm²、液温 20°C の条件でアルマイト処理を行い、上部金属板 131 および下部金属板 141 の表面に厚さ 15 μm の酸化被膜を形成した。

(4) そして、図 2 に示すような屈曲線が円環状に繰り返したパターンおよび同心円の一部を描くようにして繰り返したパターンに加工したニクロム線からなる発熱体 145 を厚さ 0.3 mm の 2 枚のマイカ板 146 で挟持し、直径 330 mm のヒータ 132 を得た。

なお、ヒータ 132 では、発熱体の外縁が、上部金属板 131 の外周から上部金属板 131 の直径の 25% 以内の位置となるように発熱体 145 を形成し、発熱体 145 の回路の総数は 4 とした。

25 また、マイカ板 146 には、貫通孔 135 となる部分、有底孔 134 となる部分および金属板固定ネジ 137 を挿通するためのネジ孔となる部分を予め形成しておいた。

その後、(1) ~ (3) の工程で製造した上部金属板 131 および下部金属板 141 でヒータ 132 を挟み込み、下部金属板 141 およびヒータ 132 に設け

られたネジ孔に金属板固定用ネジ137を挿通した後、これを締め付けることにより、上部金属板131、下部金属板141およびヒータ132を一体化した。

(5) 次に、図3に示したような円筒形状でSUS製の支持容器140を製造し、この支持容器140の底面に貫通孔135となる部分、有底孔134となる部分および導電線144を挿通するための貫通孔を形成した後、支持容器140の底部に円板形状でSUS製の遮熱板143を設置した。

そして、遮熱板143が設置された支持容器140の内部に、(4)で製造したヒータ132および下部金属板141が取り付けられた上部金属板131を配置し、上部金属板131の加熱面の外周部に押え板142を取り付けることにより、支持容器140の内部に固定した。

なお、本実施例の金属ヒータでは、金属板固定用ネジ137のネジ頭が下部金属板141に埋め込まれるような構造とすることにより、下部金属板141の底面が支持容器140の内面に接触するような構成とした。

(6) 温度制御のための測温素子136を有底孔134に挿入した後、ポリイミドで有底孔134を封止した。また、上部金属板131の加熱面に形成された凹部に支持ピン138を設置した。

(7) 次いで、ヒータ132に設けられた発熱体の両端部に電源との接続のための導電線144を圧着で取り付け、外部の電源等に接続し、金属ヒータ130を得た。

20 (実施例7)

金属ヒータの製造

上部金属板131の厚さを5mmとし、下部金属板141の厚さを20mmとした以外は、実施例6と同様にして、金属ヒータを製造した。

なお、本実施例では、上部金属板131の厚さが下部金属板141の厚さよりも薄いものとなっている。

25 (実施例8)

金属ヒータの製造

上部金属板131の厚さを10mmとし、下部金属板141の厚さを10mmとした以外は、実施例6と同様にして、金属ヒータを製造した。

なお、本実施例では、上部金属板の厚さと下部金属板の厚さとが同じ厚さとなっている。

(実施例 9)

金属ヒータの製造

5 上部金属板 131 の厚さを 4 mm とし、下部金属板 141 の厚さを 40 mm とした以外は、実施例 6 と同様にして、金属ヒータを製造した。

なお、本実施例では、上部金属板 131 の厚さが下部金属板 141 の厚さよりも薄いものとなっている。

(実施例 10)

10 金属ヒータの製造

上部金属板 131 の厚さを 4 mm とし、下部金属板 141 の厚さを 44 mm とした以外は、実施例 6 と同様にして、金属ヒータを製造した。

なお、本実施例では、上部金属板 131 の厚さが下部金属板 141 の厚さよりも薄いものとなっている。

15 (比較例 1)

図 4 に示すように、金属板の底面に銅製の中プレートおよびヒータが設置され、金属板の加熱面の外周部に押え板が取り付けられていない金属ヒータを製造した。なお、金属板の厚さは 55 mm であり、発熱体のパターンは実施例 6 と同様とした。

20 実施例 6 ~ 10 および比較例 1 に係る金属ヒータに通電することにより昇温し、

(1) 定常時における面内温度均一性、(2) 過渡時における面内温度均一性、

(3) 升温時間、(4) リカバリー時間、(5) 平坦度の測定の評価を行った。

その結果を表 2 に示す。なお、具体的な評価方法は、実施例 1 と同様である。

また、(4) リカバリー時間の評価について、実施例 7 に係る金属ヒータに、

25 25 °C のシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間との関係を図 12 に示す。

さらに、(5) 平坦度の測定の結果について、常温における実施例 7 に係る金属ヒータ加熱面の一部の三次元形状を図 13 に示す。また、140 °C における実施例 7 に係る金属ヒータ加熱面の一部の三次元形状を図 14 に示す。

表2

金属板の厚さ(mm)	定常時面内温度分布(℃)		過渡時面内温度分布(℃)			昇温時間 (秒)	リカバリ一時間 (秒)	平坦度(μm)
	上部金属板	下部金属板	100°C	120°C	130°C			
実施例6	5	15	0.30	6.58	2.23	1.50	945	37
実施例7	5	20	0.29	5.75	2.10	1.46	1015	39
実施例8	10	10	0.28	7.00	3.00	2.00	1100	50
実施例9	4	40	0.30	4.21	1.80	1.20	800	20
実施例10	4	44	0.33	4.20	1.70	1.10	1380	105
試験例12	20	5	0.62	8.95	6.22	3.61	1407	267
試験例13	20	5	0.67	12.67	10.00	5.57	1405	228
比較例1	55	0	1.80	11.00	5.66	3.50	2530	293

表2に示すように、実施例6～10に係る金属ヒータは、定常時および過渡時

における上部金属板の加熱面の温度が均一であった。これは、表2、図13および図14に示すように平坦度が50 μ m以下であるため、上部金属板とセンサウエハとの距離にばらつきがなく、均一に加熱できたものと考えられる。

また、実施例6～10に係る金属ヒータでは、一定の厚さを有する下部金属板

5 がヒータの底面に設置されているため、ヒータから発せられた熱線が均一化されたことによるものと考えられる。

さらに、表2および図12に示すように、実施例6～10に係る金属ヒータでは、昇温時間およびリカバリー時間が短くなっていた。これは、実施例6～10

10 に係る金属ヒータでは、上部金属板の厚さが薄くなっているため、発熱体の温度

変化に対して金属板の加熱面の温度が迅速に追従し、被加熱物を迅速に加熱する

15 ことができたものと考えられる。

これらのこととは、試験例2、3に係る金属ヒータの評価結果との対比からも明らかである。

これに対して、比較例1に係る金属ヒータは、昇温速度およびリカバリー時間

15 が長くなっていた。これは、金属板の厚さが厚いためであると考えられる。

(実施例11)

金属ヒータ(図1、2参照)の製造

(1) JIS-H4000に基づく合金番号がA2219の市販アルミニウム
20 一銅合金からなる板状体にNC旋盤(ワシノ機械社製)を用いて外径加工を行い、
円板形状とした後、この円板体に端面加工、表面加工および裏面加工を施すこと
により、金属板用の円板体およびヒータ固定板用の円板体を製造した。

次に、マシニングセンタ(日立精機社製)を用いて、これらの円板体に半導体
ウエハ119を支持するためのリフターピンを挿入する貫通孔115となる部分、
支持ピン118を設置するための凹部、測温素子116を埋め込むための有底孔
25 114となる部分を形成した。また、同様にして所定の位置に有底孔または貫通
孔を形成した後、これらの有底孔または貫通孔にネジ溝を形成することにより、
円板体に金属板固定用ネジ117を挿通するためのネジ孔を形成した。

なお、貫通孔115は3箇所に形成し、支持ピン118を設置するための凹部
は4箇所に形成した。

(2) 次に、(1)の工程で製造された金属板用の円板体の加熱面側表面に、ロータリー研削盤(岡本工作機械製作所製)を用いて表面研削処理を施し、厚さ20mm、直径330mmの金属板(上部金属板)111および厚さ5mm、直径330mmのヒータ固定板(下部金属板)121を得た。

5 (3) 次に、金属板111およびヒータ固定板121を電解液10%H₂SO₄、電圧10V、電流密度0.8A/dm²、液温20°Cの条件でアルマイト処理を行い、金属板111およびヒータ固定板121の表面に厚さ15μmの酸化被膜を形成した。

10 (4) そして、図2に示すような屈曲線が円環状に繰り返したパターンおよび同心円の一部を描くようにして繰り返したパターンに加工したニクロム線からなる発熱体125を厚さ0.3mmの2枚のマイカ板126で挟持し、直径330mmのヒータ112を得た。

15 なお、ヒータ112では、発熱体の外縁が、金属板111の外周から金属板111の直径の25%以内の位置となるように発熱体125を形成し、発熱体125の回路の総数は4とした。

また、マイカ板126には、貫通孔115となる部分、有底孔114となる部分および金属板固定ネジ117を挿通するためのネジ孔となる部分を予め形成しておいた。

その後、(1)～(3)の工程で製造した金属板111およびヒータ固定板121でヒータ112を挟み込み、金属板111、ヒータ固定板121およびヒータ112に設けられたネジ孔に金属板固定用ネジ117を挿通した後、これを締め付けることにより、金属板111、ヒータ固定板121およびヒータ112を一体化した。

20 (5) 次に、図1に示したような円筒形状でSUS製の支持容器120を製造し、この支持容器120の底面に貫通孔115となる部分、有底孔114となる部分および導電線124を挿通するための貫通孔を形成した後、支持容器120の底部に円板形状でSUS製の遮熱板123を設置した。

そして、遮熱板123が設置された支持容器120の内部に、(4)で製造したヒータ112およびヒータ固定板121が取り付けられた金属板111を配置

し、金属板111の加熱面の外周部に押え板122を取り付けることにより、支持容器120の内部に固定した。

(6) 温度制御のための測温素子116を有底孔114に挿入した後、ポリイミドで有底孔114を封止した。また、金属板111の加熱面に形成された凹部5に支持ピン118を設置した。

(7) 次いで、ヒータ112に設けられた発熱体の両端部に電源との接続のための導電線124を圧着で取り付け、外部の電源等に接続し、金属ヒータ110を得た。

(実施例12)

10 金属ヒータの製造

JIS-H4000に基づく合金番号がA2219の市販アルミニウム-銅合金を用い、金属板111の厚さを5mm、ヒータ固定板121の厚さを20mmとした以外は、実施例11と同様にして、金属ヒータを製造した。

(実施例13)

15 金属ヒータ(図3参照)の製造

(1) JIS-H4000に基づく合金番号がA2018の市販アルミニウム-銅合金を用いた以外は、実施例11の(1)～(2)と同様にして、上部金属板131および下部金属板141を製造した後、実施例11の(3)と同様にして、上部金属板131および下部金属板141にアルマイト処理を行った。

20 なお、上部金属板131は、厚さ5mm、直径330mmとし、下部金属板141は、厚さ20mm、直径330mmとした。

(2) 次に、実施例11の(4)～(7)と同様にして、上部金属板131および下部金属板141とヒータ132とを一体化した後、支持容器140に設置することにより、金属ヒータ130を製造した。

25 なお、本実施例の金属ヒータでは、上部金属板131にネジ孔を形成せず、金属板固定用ネジ137のネジ頭が下部金属板141に埋め込まれる構造とすることにより、下部金属板141の底面が支持容器140の内面に接触するような構成とした。

(実施例14)

金属ヒータの製造

JIS-H4000に基づく合金番号がA5052の市販アルミニウム合金を用い、上部金属板の厚さを5mm、下部金属板の厚さを20mmとした以外は、実施例13と同様にして金属ヒータを製造した。

5 (試験例4)

実施例11の(1)の工程で、JIS-H4000に基づく合金番号がA1085の純アルミニウム(純度99.9%)を用いた以外は、実施例11と同様にして金属ヒータを製造した。

(試験例5)

10 実施例11の(1)の工程で、JIS-H4000に基づく合金番号がA4032のアルミニウム合金(純度8.5%)を使用した以外は実施例11と同様にして金属ヒータを製造した。

なお、本試験例では、実施例11の(3)の工程は行わなかった。

(試験例6)

15 実施例11の(1)の工程で、純度100%の純アルミニウムを使用した以外は実施例11と同様にして金属ヒータを製造した。

(比較例2)

図4に示すように、金属板の底面に銅製の中プレートおよびヒータが設置され、金属板の加熱面の外周部に押え板が取り付けられていない金属ヒータを製造した。

20 なお、金属板の厚さは60mmであり、発熱体のパターンは実施例11と同様とした。

実施例11～14、試験例4～6および比較例2に係る金属ヒータに通電することにより昇温し、(1)定常時における面内温度均一性、(2)過渡時における面内温度均一性、(3)昇温時間、(4)リカバリー時間、(5)平坦度の測定の評価を行った。その結果を表3に示す。なお、表中の金属板の厚さは、金属ヒータが上部金属板と下部金属板とを含む構成である場合には、上部金属板の厚さのことをいうこととする。なお、評価方法は、実施例1と同様の方法を用いた。

また、(1)定常時における面内温度均一性の評価結果について、実施例13に係る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を図15に、試験例4に係

る金属ヒータの加熱面の各測定箇所における温度を図 16 に示す。

さらに、(4) リカバリー時間の評価結果について、実施例 14 に係る金属ヒータに、25°C のシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間との関係を図 17 に、比較例 2 に係る金属ヒータに、25°C 5 のシリコンウェハを載置した場合のシリコンウェハの各測定箇所における温度と時間との関係を図 18 に示す。

また、(5) 平坦度の測定の結果について、140°C における実施例 13 に係る金属ヒータ加熱面の三次元形状を図 19 に、140°C における試験例 5 に係る金属板加熱面の三次元形状を図 20 に示す。

10 表 3

5
10
15
20
25

	金属板の厚さ(mm)		定常時面内温度分布(℃)			過渡時面内温度分布(℃)			昇温時間			リカバリ一時間			平坦度(μm)			組成(%)	
	上部金属板	下部金属板	140℃	100℃	120℃	130℃	秒	秒	秒	常温時	140℃	Cu	Al						
実施例11	20	5	0.24	5.38	2.80	1.51	1367	200	29	30	6.3	83.1							
実施例12	5	20	0.29	5.75	2.10	1.46	1015	39	28	29	6.3	93.1							
実施例13	5	20	0.29	5.72	2.23	2.34	1017	40	30	32	4.0	91.8							
実施例14	5	20	0.44	9.56	6.66	5.10	1008	48	37	47	0.1	97.3							
試験例14	20	5	0.66	14.74	10.75	8.75	1500	310	47	98	0.05	99.9							
試験例15	20	5	0.40	19.19	14.30	10.10	1511	280	37	113	0.9	85.0							
試験例16	20	5	0.66	15.01	10.89	8.84	1495	308	47	97	0	100.0							
比較例2	60	0	0.50	15.38	12.80	11.22	1520	300	39	98	100	0							

表3および図15に示すように、実施例11～14に係る金属ヒータは、定常

時および過渡時において、金属板の加熱面の温度が均一であった。これは、表3および図19に示すように金属板の材質が機械的強度の高いアルミニウムー銅合金であるため、加熱時に金属板に反りや撓みが発生せず、半導体ウェハを均一に加熱できたものと考えられる。

5 また、表3および図17に示すように、実施例11～14に係る金属ヒータでは、昇温時間およびリカバリー時間が短くなっていた。これは、実施例11～14に係る金属ヒータでは、金属板のアルミニウムー銅合金であるため、金属板を薄くすることができ、被加熱物を迅速に加熱することができたものと考えられる。

一方、試験例4に係る金属ヒータは、表3および図16に示すように、金属板10 の加熱面の温度均一性、昇温時間およびリカバリー時間が、実施例11～14に係る金属ヒータに比べて劣るものであった。このことからも、金属板の材質としてアルミニウムー銅合金が優れることは明らかとなった。

15 また、試験例5に係る金属ヒータは、表3に示すように、定常時および過渡時における金属板の加熱面の温度均一性に劣るものであった。また、図20に示すように、試験例5に係る金属ヒータの加熱面の平坦性は、実施例11～14にかかる金属ヒータに比べて劣るものであった。このことからも、金属板の材質としてアルミニウムー銅合金が優れることは明らかとなった。

20 また、試験例6に係る金属ヒータは、表3に示すように、金属板の加熱面の温度均一性、昇温時間およびリカバリー時間が、実施例11～14に係る金属ヒータに比べて劣るものであった。このことからも、金属板の材質としてアルミニウムー銅合金が優れることは明らかとなった。

さらに、比較例2に係る金属ヒータは、表3および図18に示すように、昇温速度およびリカバリー時間が長くなっていた。これは、金属板の厚さが厚いためであると考えられる。

25

産業状利用の可能性

以上説明したように第一の本発明の金属ヒータによれば、金属板の厚さが50 mm以下と薄くなっているため、発熱体に印加する電圧や電流量の変化に対して金属板の加熱面の温度が迅速に追従し、半導体ウェハ等の被加熱物を迅速に加熱

することができる。また、このように金属板の温度追従性が優れているので、リカバリー時間を短くすることが可能となり、スループットを短縮することができ、生産性を向上させることができる。

また、第一の本発明の金属ヒータを構成する金属板は、その表面における平坦

5 度が $50 \mu\text{m}$ 以下である。従って、第一の本発明の金属ヒータを用いて半導体ウエハを加熱する場合には、半導体ウエハと金属板との距離をほぼ一定にすることが可能となるため、半導体ウエハの全体が均一となるように加熱することができる。

さらに、第一の本発明の金属ヒータでは、発熱体が形成されている領域の外縁

10 が、金属板の外周から金属板の直径の 25 % 以内の位置に存在しているため、被加熱物である半導体ウエハ等を温度のばらつきなく、均一に加熱することができる。

以上説明したように第二の本発明の金属ヒータは、一の金属板のみからなる金属ヒータに比べ、金属板の厚さを薄くすることが可能となり、加熱面側の金属板 15 の熱容量が小さくなるため、半導体ウエハ等の被加熱物を迅速に加熱することができる。

また、金属板の温度追従性が優れているので、半導体製造・検査工程において、金属ヒータの加熱面に半導体ウエハを載置した際、低下した温度を元に戻すまでの時間（リカバリー時間）を短くすることが可能となり、スループットを短縮することができ、生産性を向上させることができる。

さらに、第二の本発明の金属ヒータでは、加熱面側の金属板の厚さが、加熱面と反対側の金属板の厚さと同じか、加熱面と反対側の金属板の厚さより薄くなっている。

従って、加熱面側の金属板の厚さを薄くした場合であっても、剛性の高い金属 25 板が加熱面と反対側に設置することにより、金属ヒータ全体の強度を維持することができるとともに、加熱時における加熱面の平坦性が向上するため、半導体ウエハと金属板との距離をほぼ一定にすることが可能となり、半導体ウエハの全体が均一となるように加熱することができる。

以上説明したように、第三の本発明の金属ヒータは、アルミニウム-銅合金か

らなる金属板を有しており、アルミニウムー銅合金は、機械的な強度が高いため、金属板の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、金属板を薄くて軽いものとすることができます。

また、アルミニウムー銅合金は、熱伝導率にも優れているため、金属板として
5 使用した場合、発熱体の温度変化に合わせて、加熱面の温度を迅速に追従させることができる。すなわち、電圧、電流値を変えて発熱体の温度を変化させることにより、金属板の加熱面温度を制御することができるのである。

さらに、アルミニウムー銅合金は、切削性に優れているため、金属板を容易に所望の形状にすることができます。

請求の範囲

1. 金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、
前記金属板は、厚さが 50 mm 以下であり、
5 その表面の平坦度が 50 μ m 以下であるとともに、
前記発熱体が形成されている領域の外縁は、前記金属板の外周から前記金属板
の直径の 25 % 以内の位置にあることを特徴とする金属ヒータ。
2. 金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、
10 前記金属板は複数であるとともに、
前記金属板の間には、前記発熱体が挟持されており、
加熱面側の金属板の厚さが、加熱面と反対側の金属板の厚さと同じか、
前記加熱面と反対側の金属板より薄いことを特徴とする金属ヒータ。
- 15 3. 金属板と発熱体とから構成される金属ヒータであって、
前記金属板は、アルミニウム-銅合金からなることを特徴とする金属ヒータ。

図1

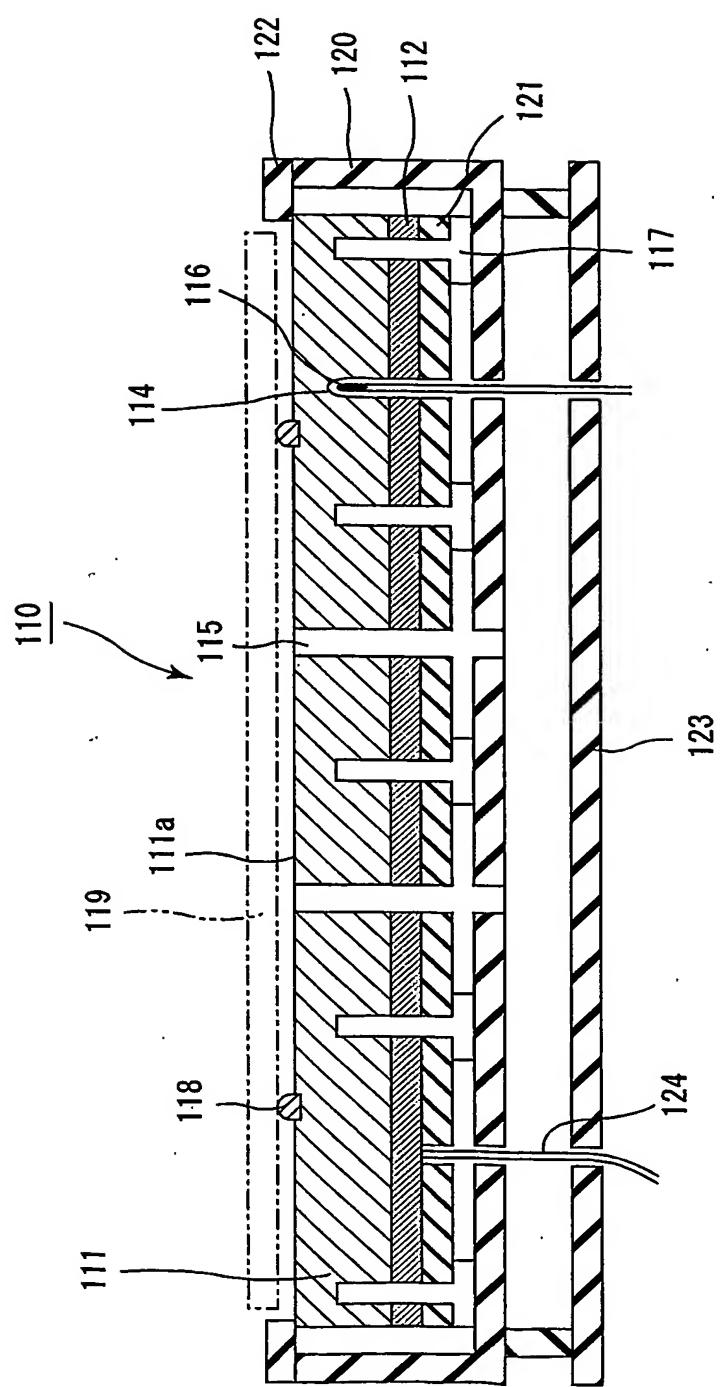


図2

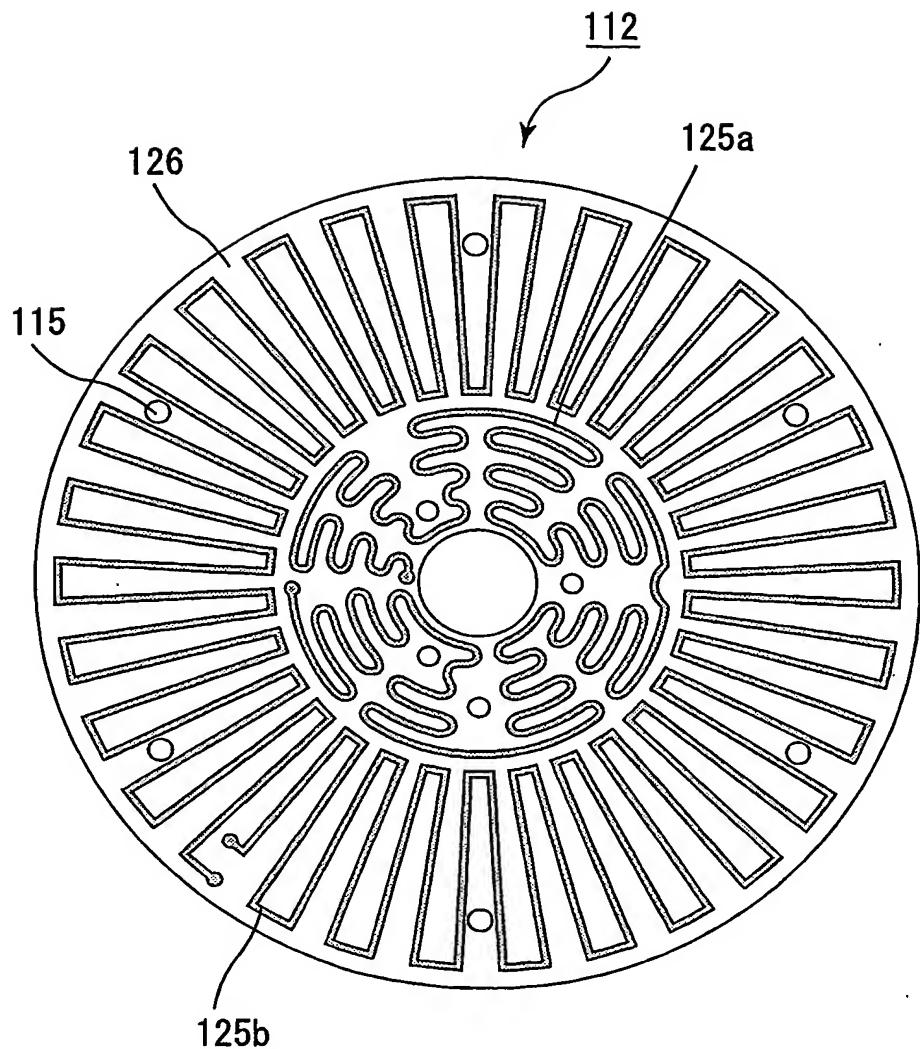


図3

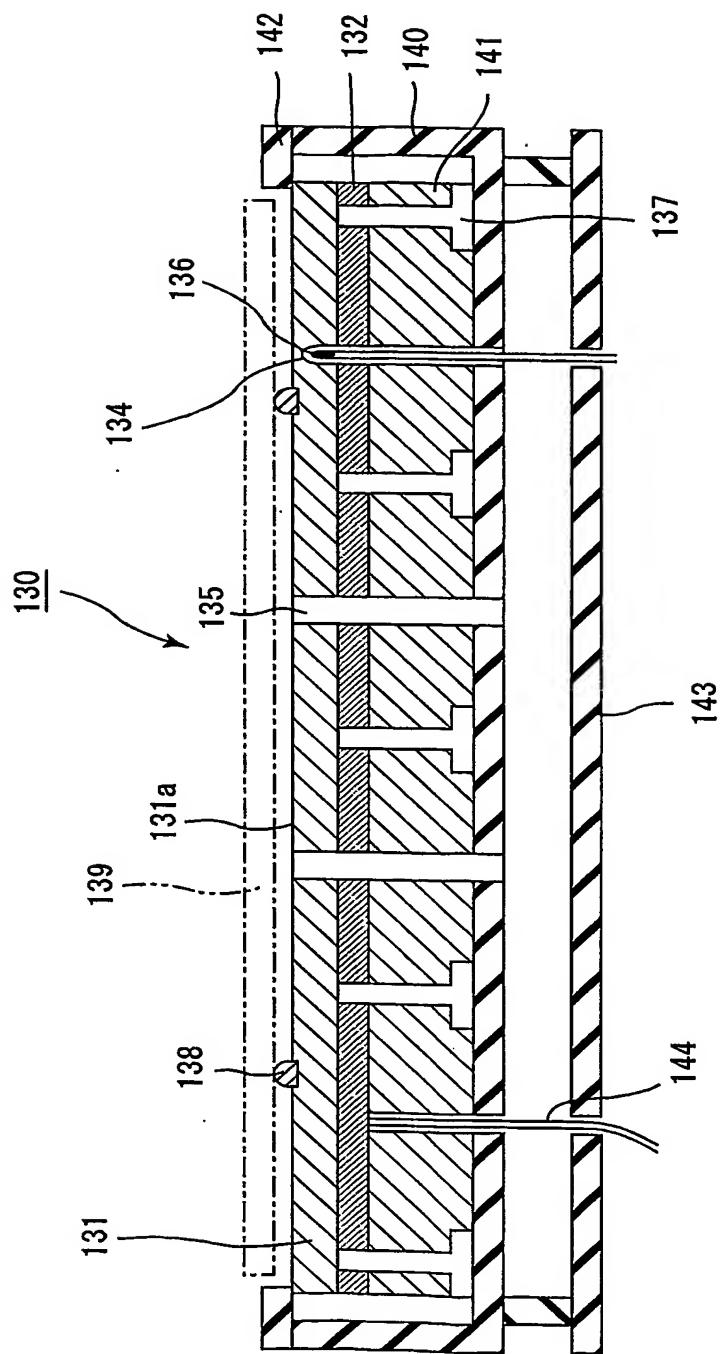


図4

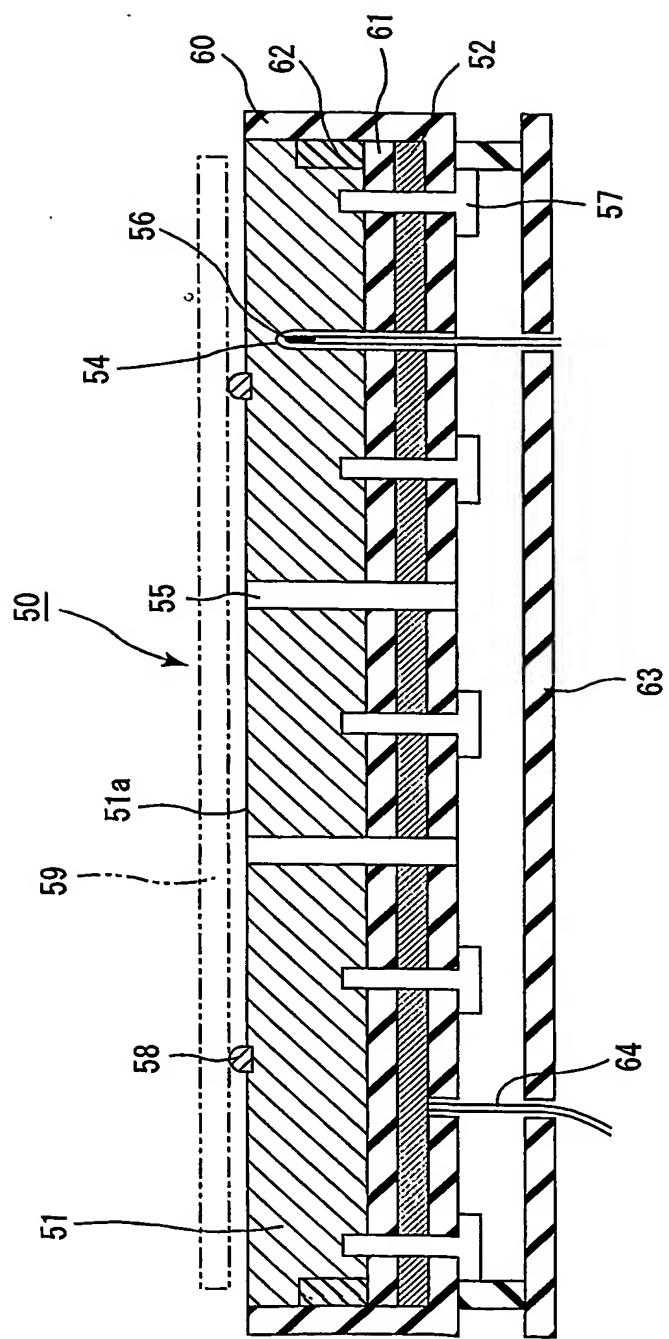
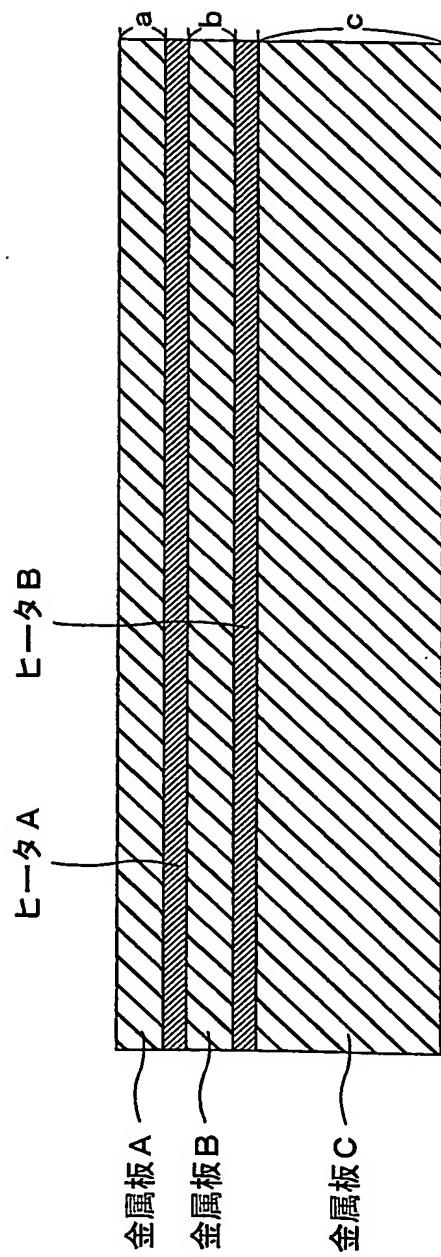


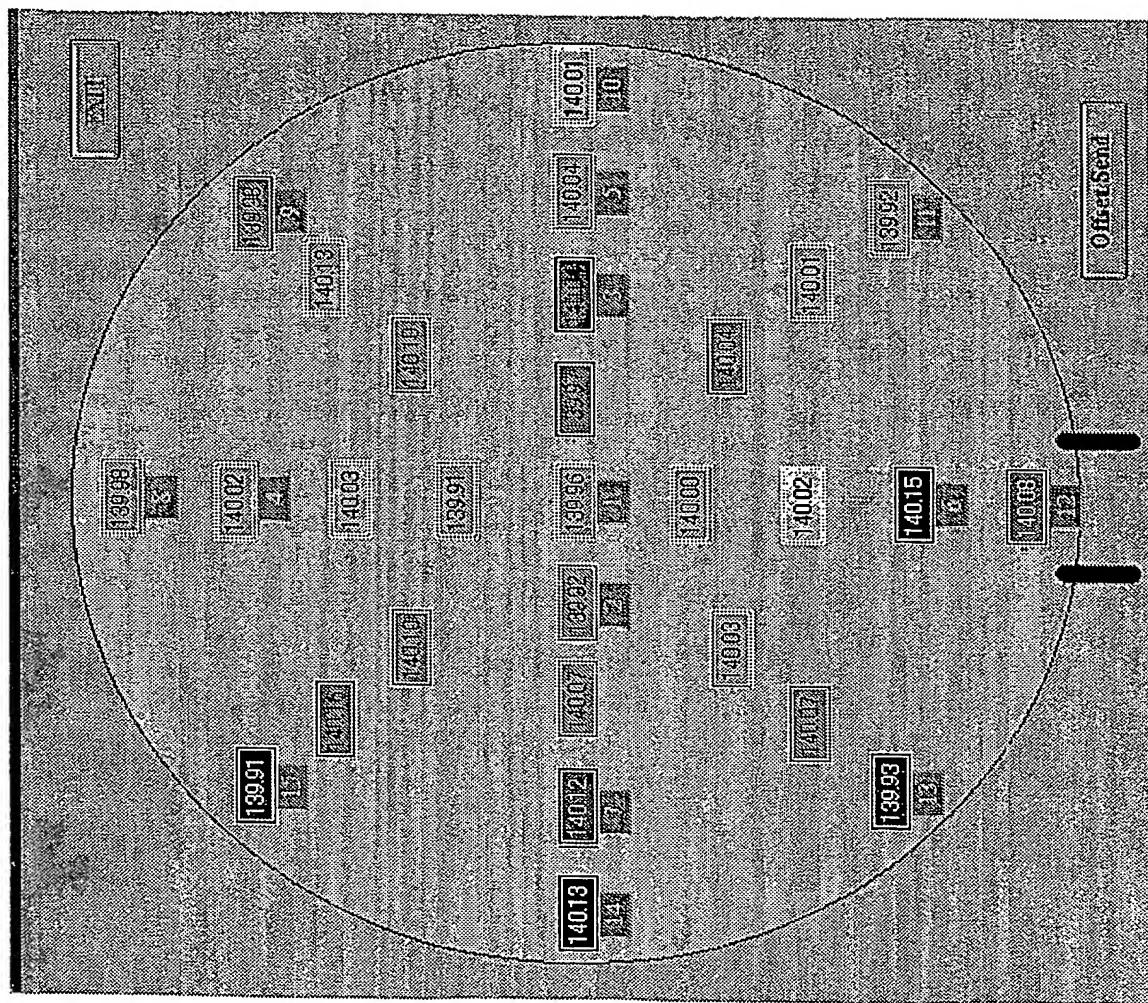
図5



6/20

図 6

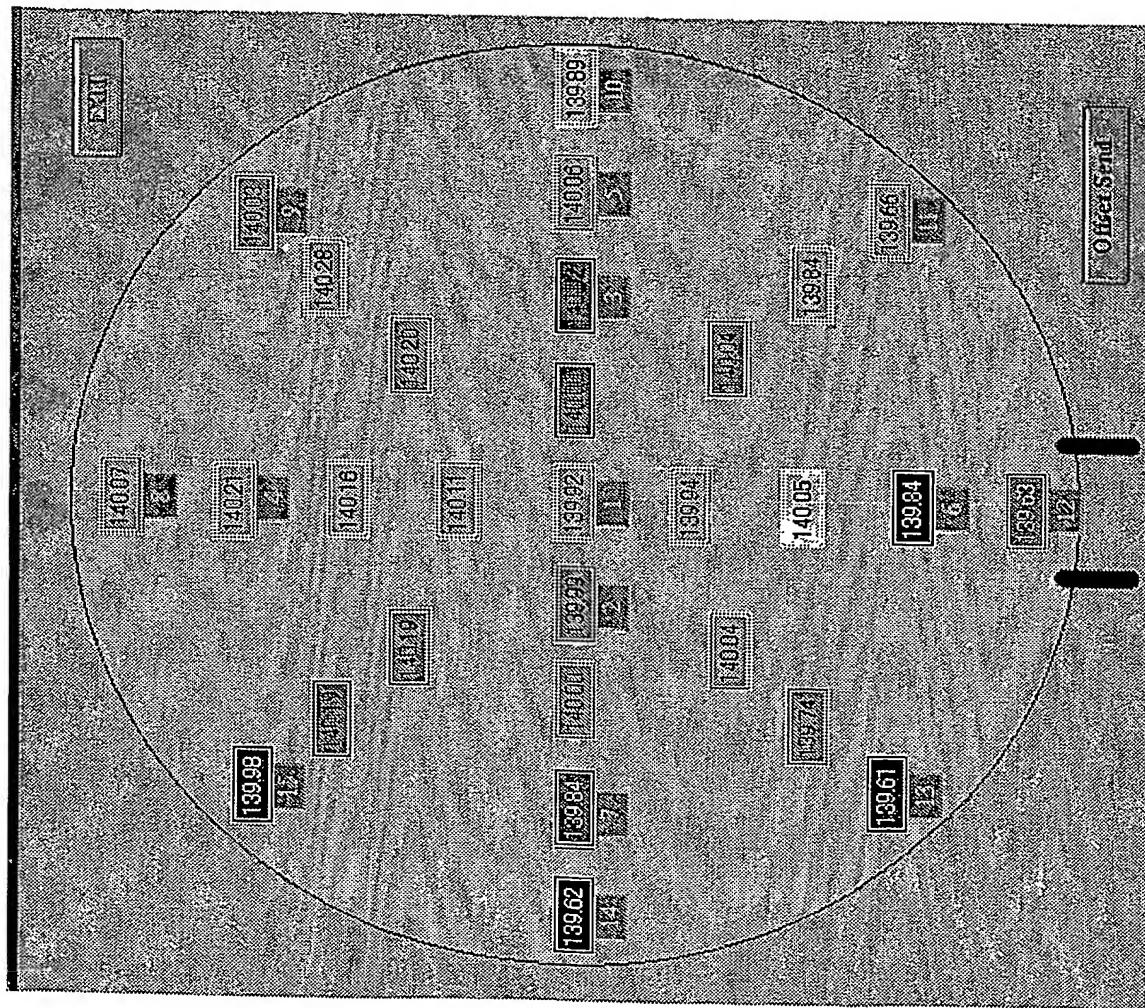
MAX	140.16
MIN	139.91
AVE	140.03
RANGE	0.24



7/20

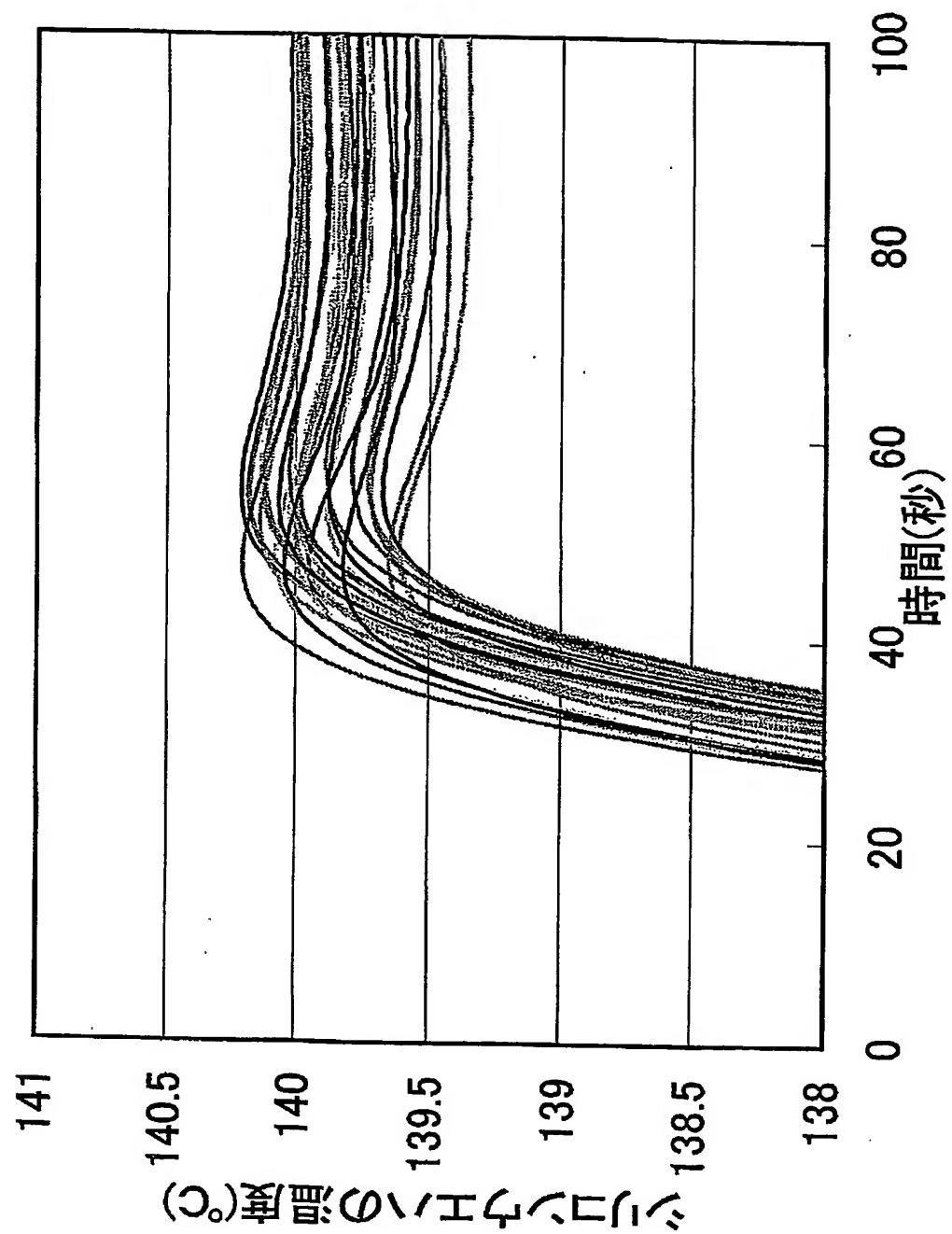
図 7

MAX	140.28
MIN	139.61
AVE	139.97
RANGE	0.67



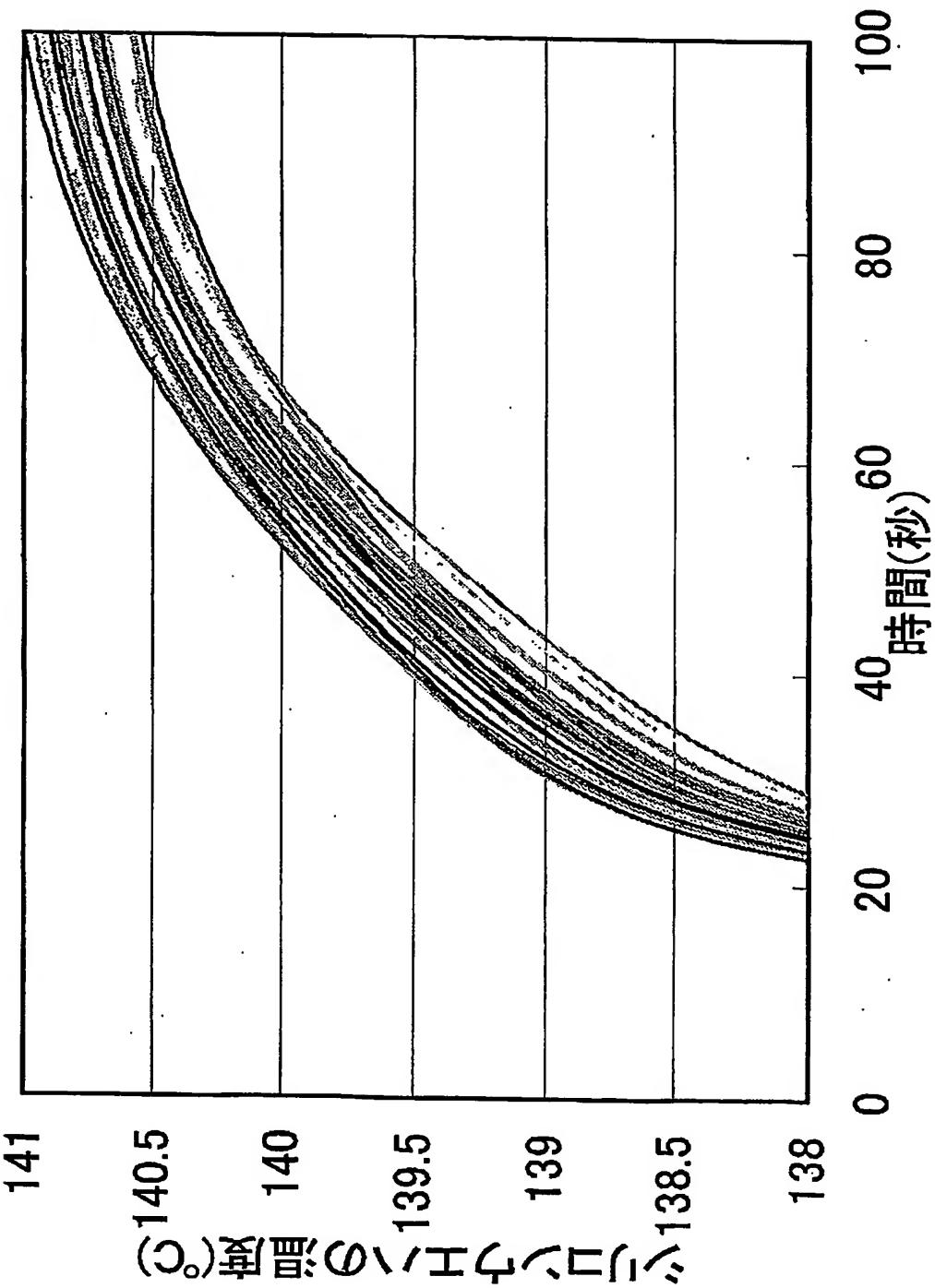
8/20

図 8



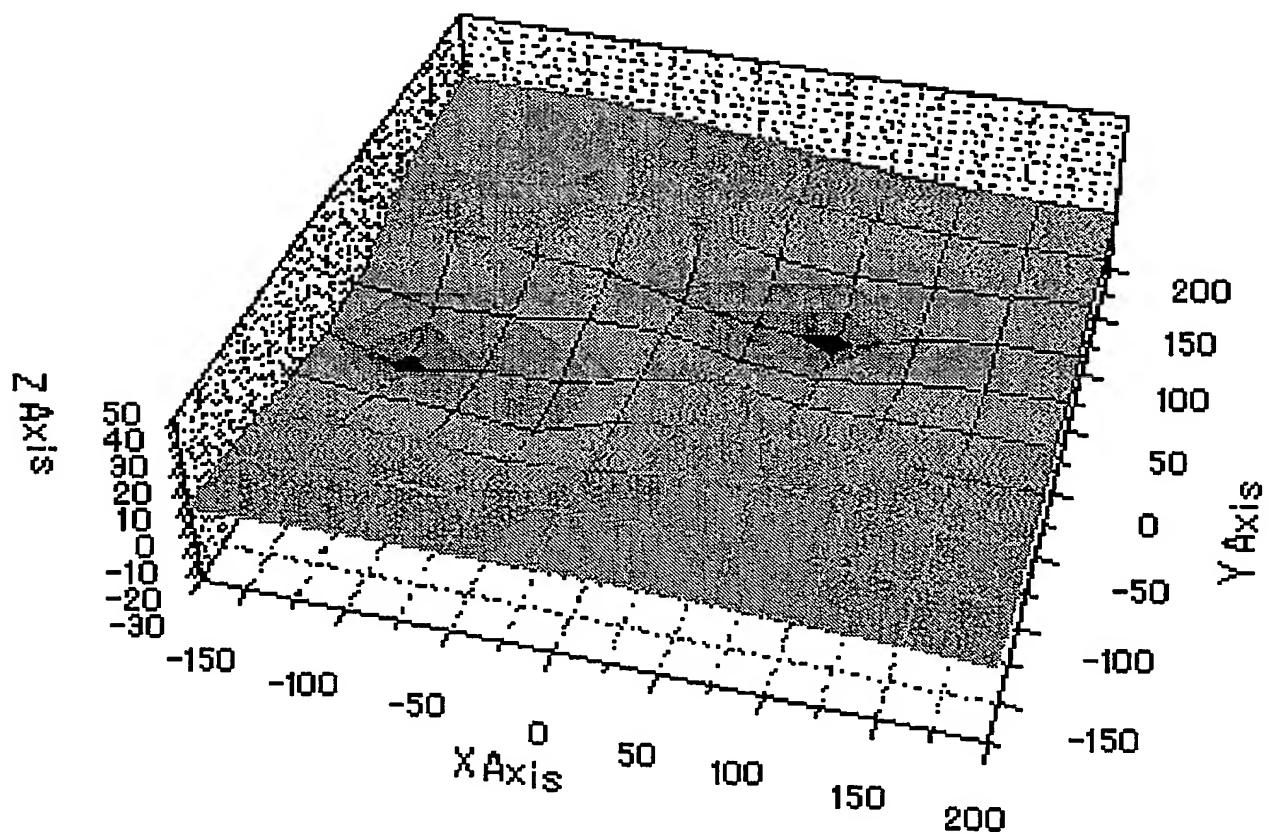
9/20

図 9



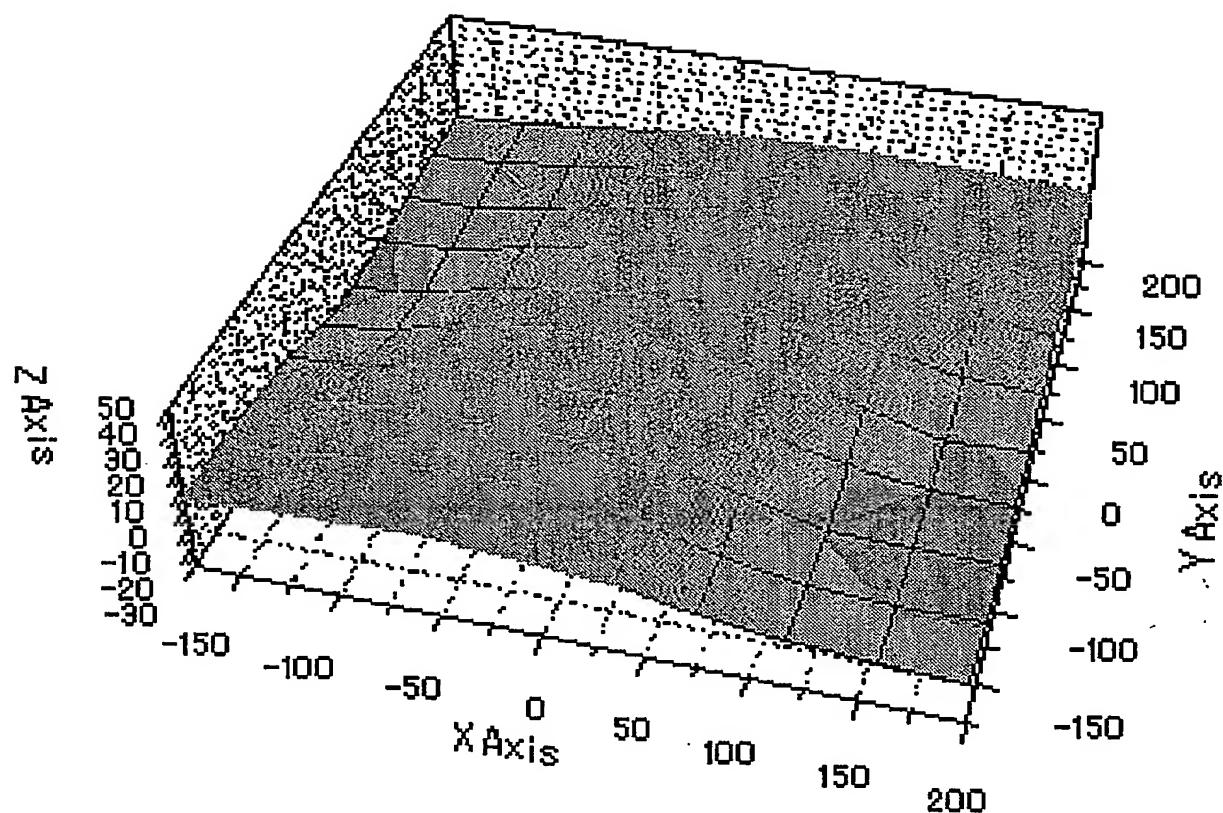
11/20

図 11



10/20

図 10



12/20

図 12

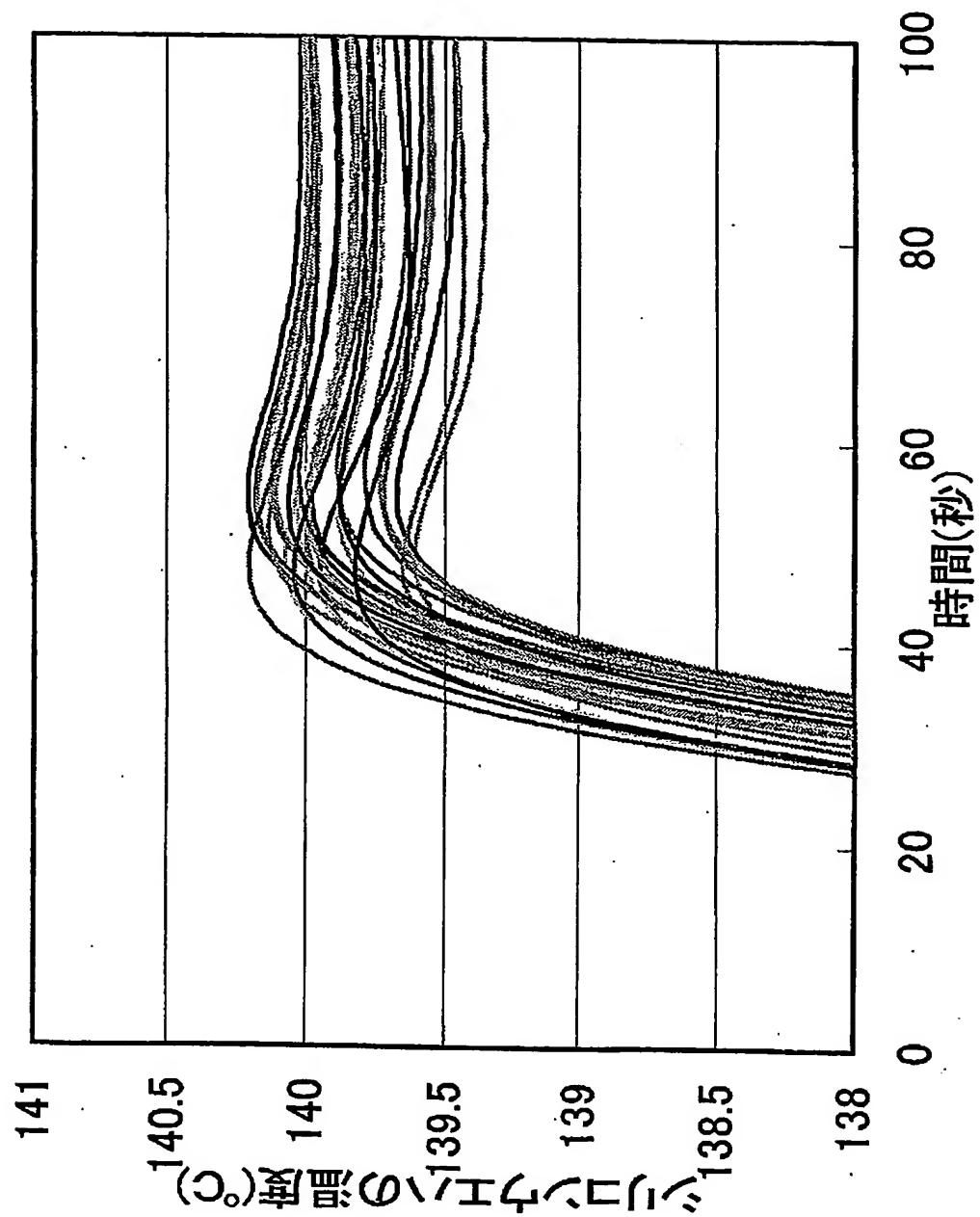


図 13

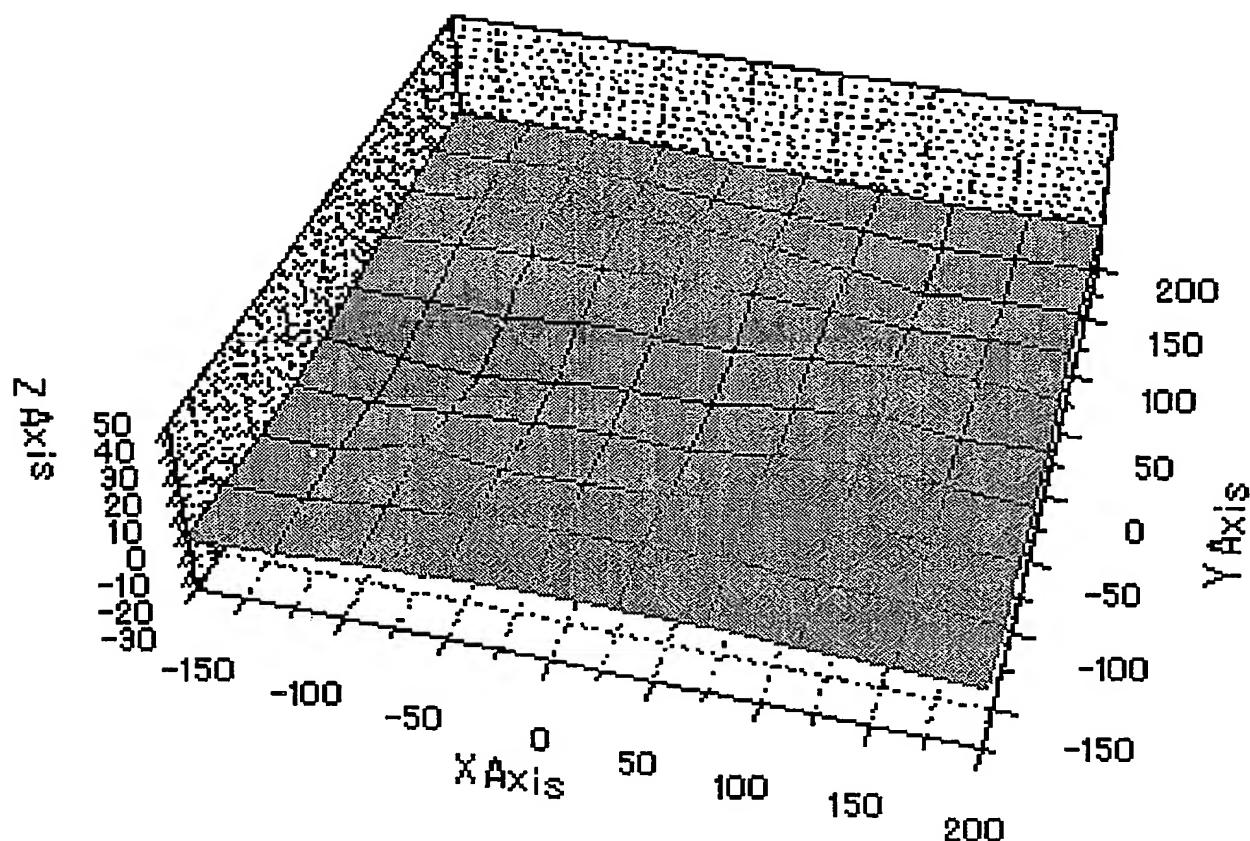


図 14

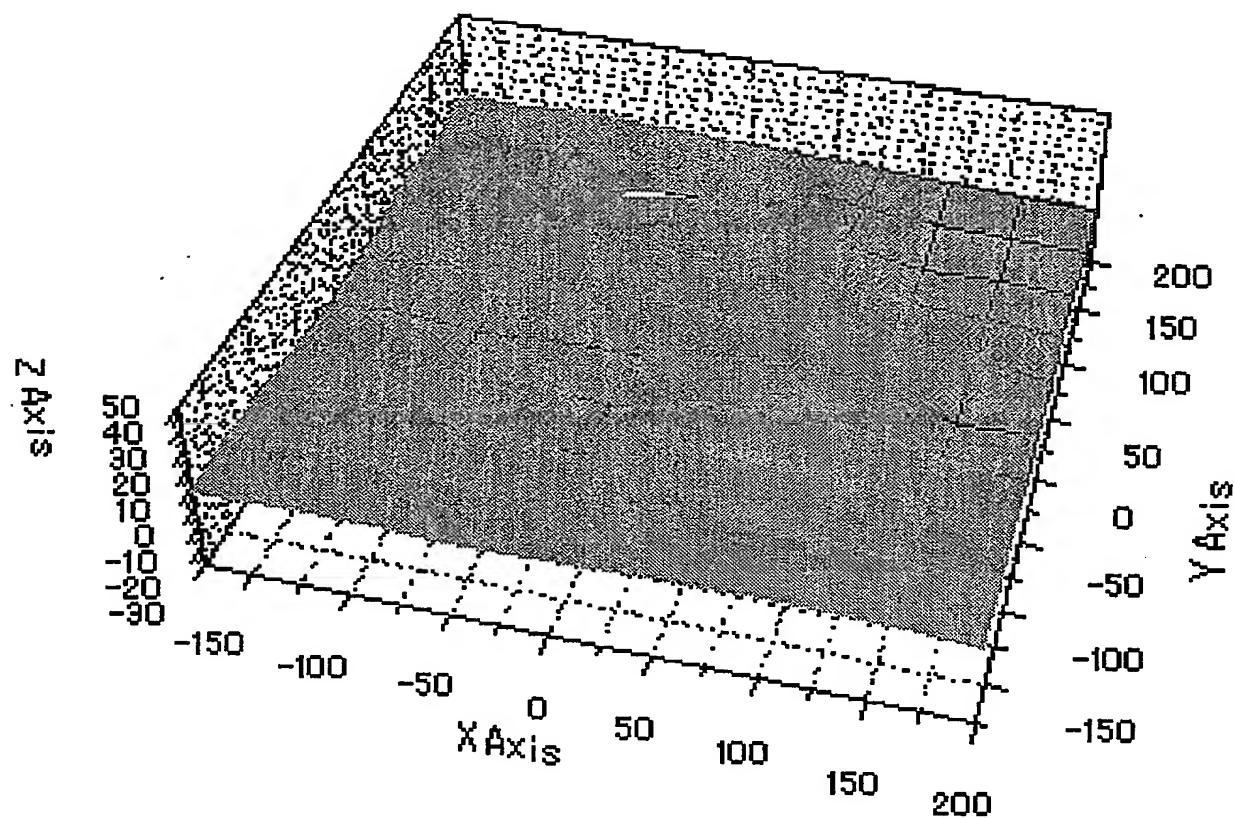
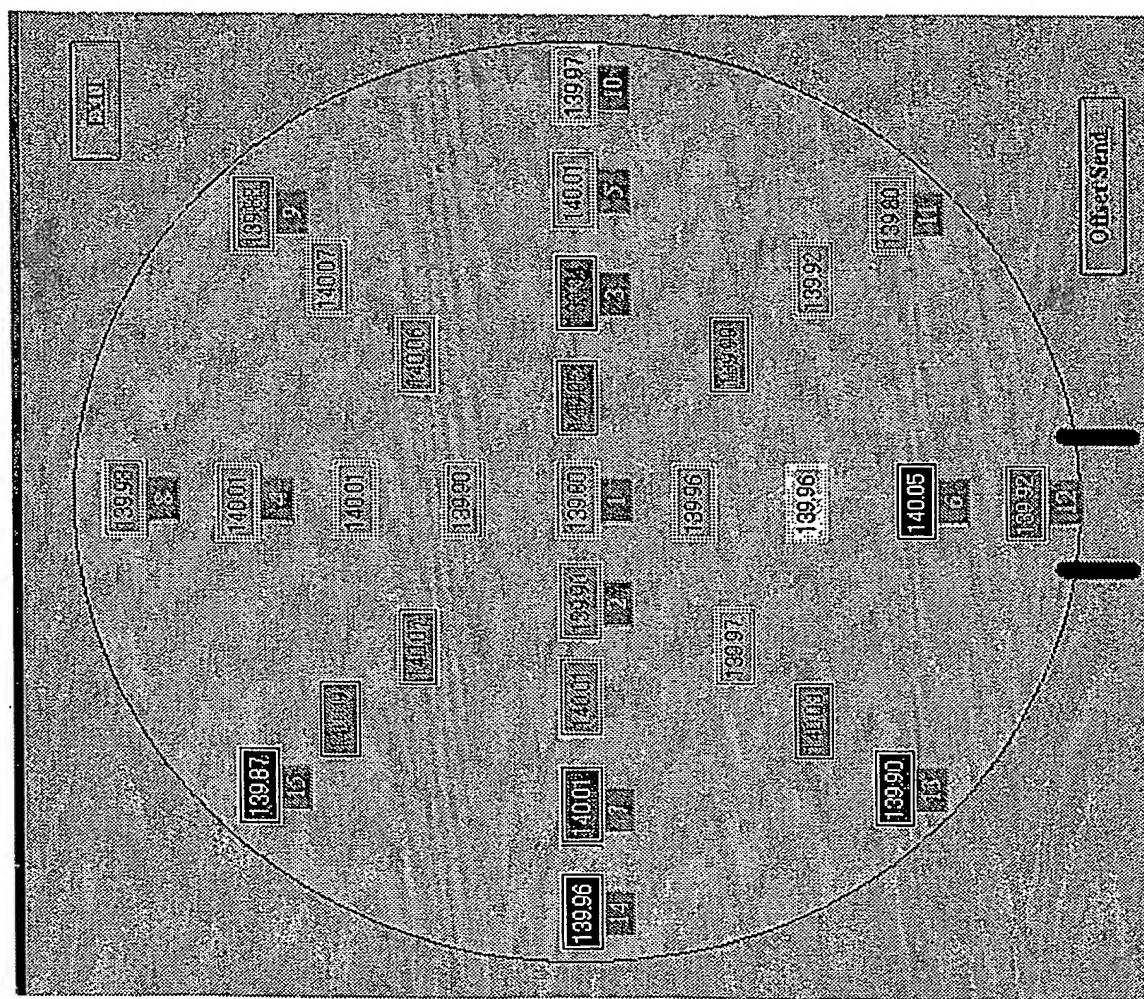


図 15

MAX	140.09
MIN	139.80
AVE	139.96
RANGE	0.29



16/20

図 16

MAX	140.22
MIN	139.57
AVE	139.95
RANGE	0.66

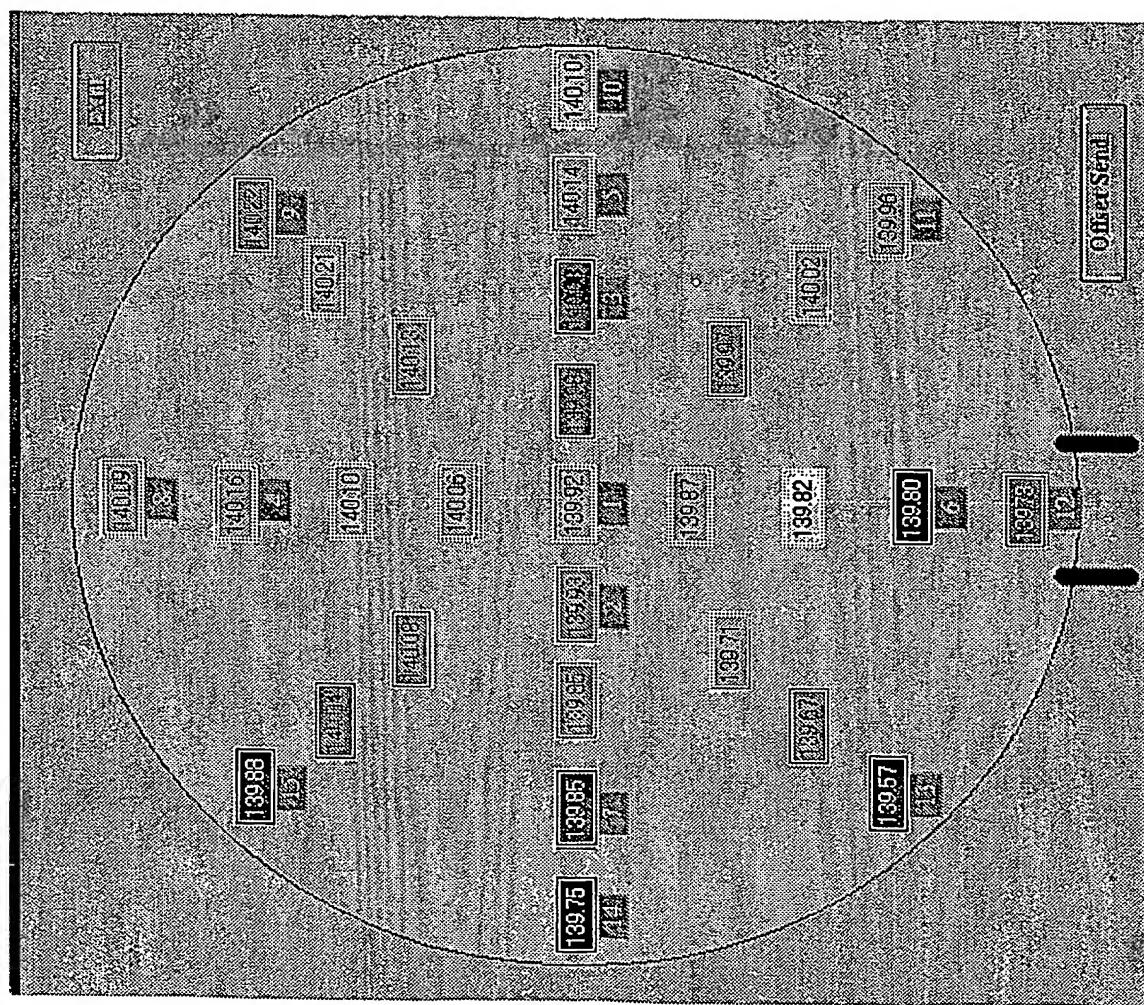


図 17

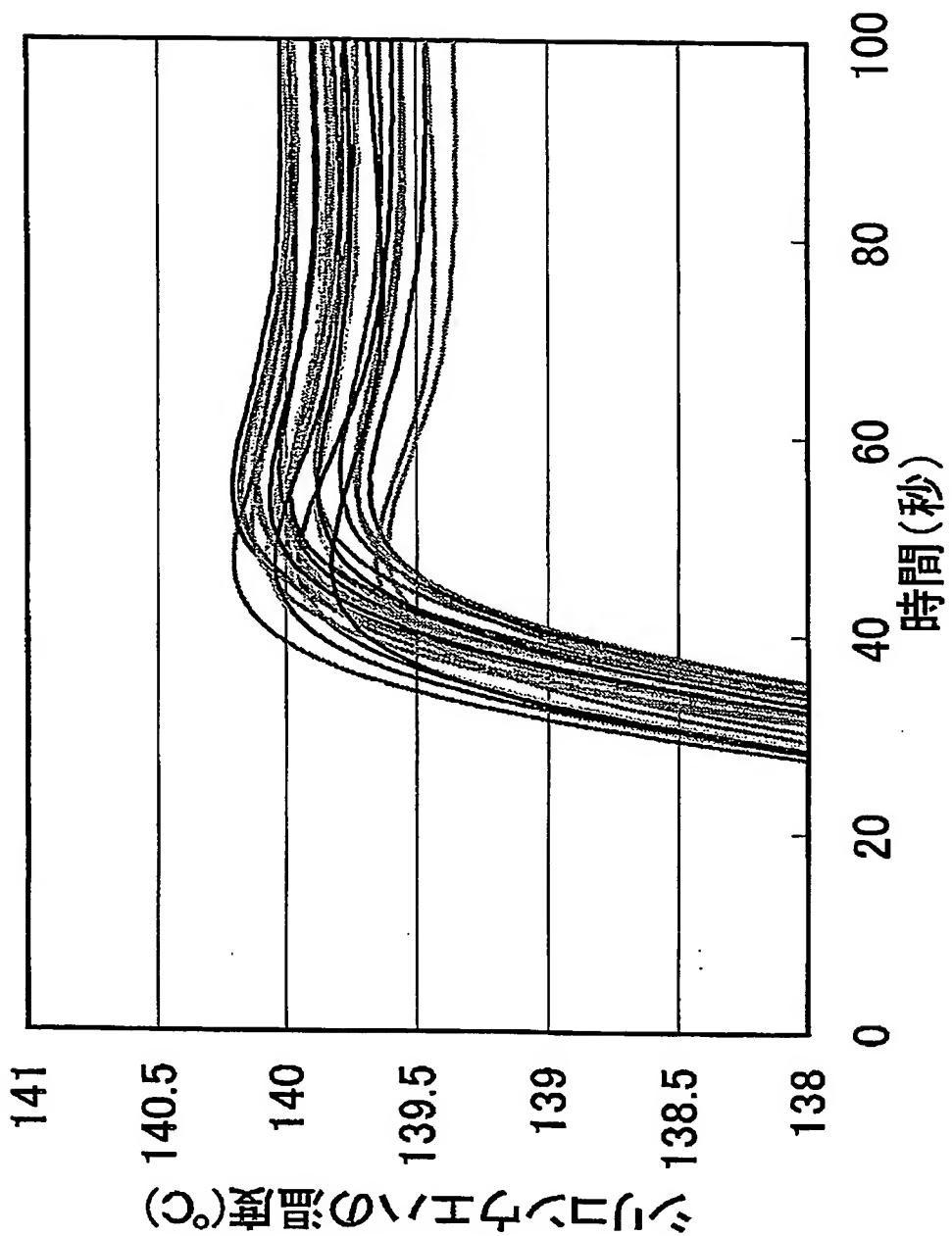


図 18

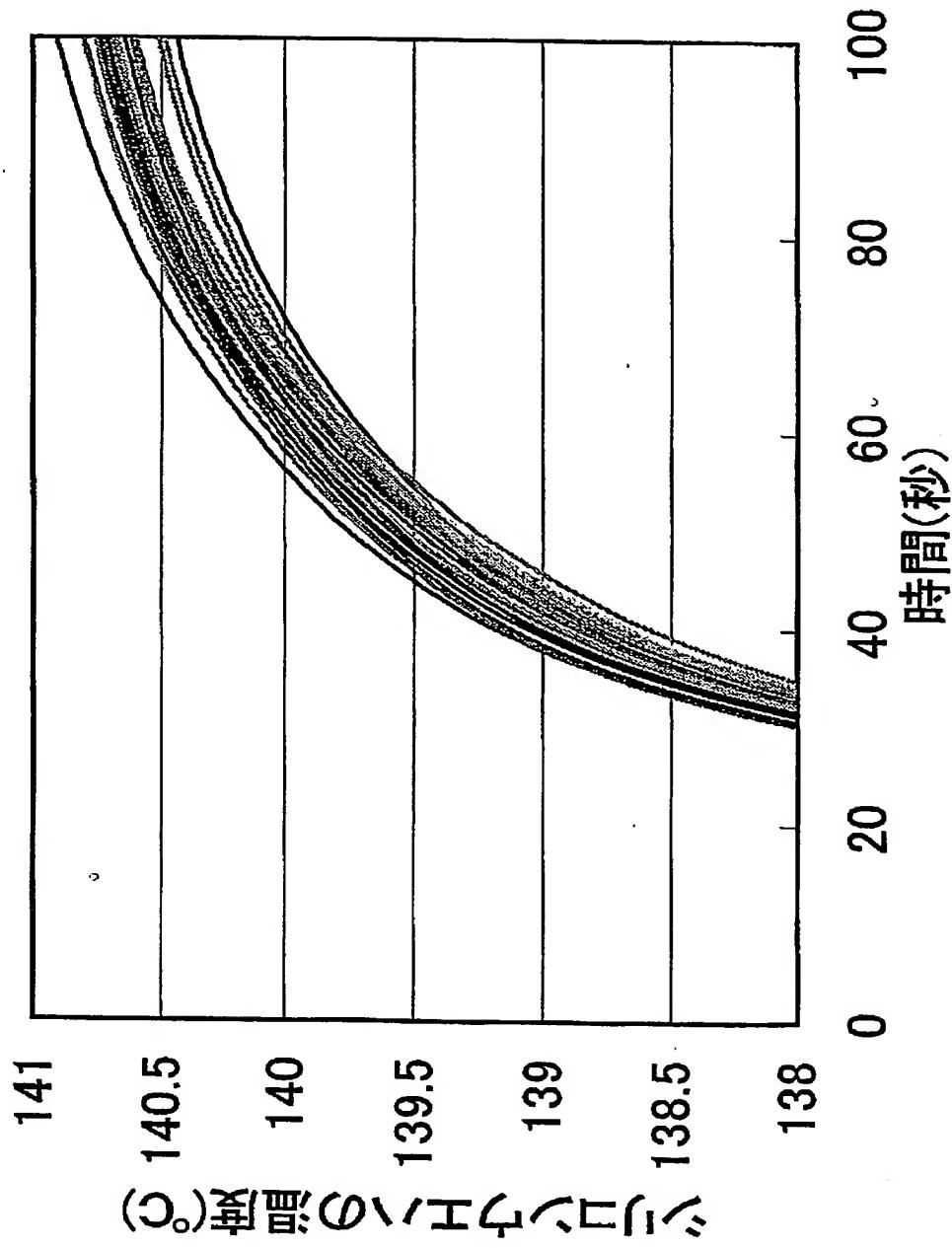
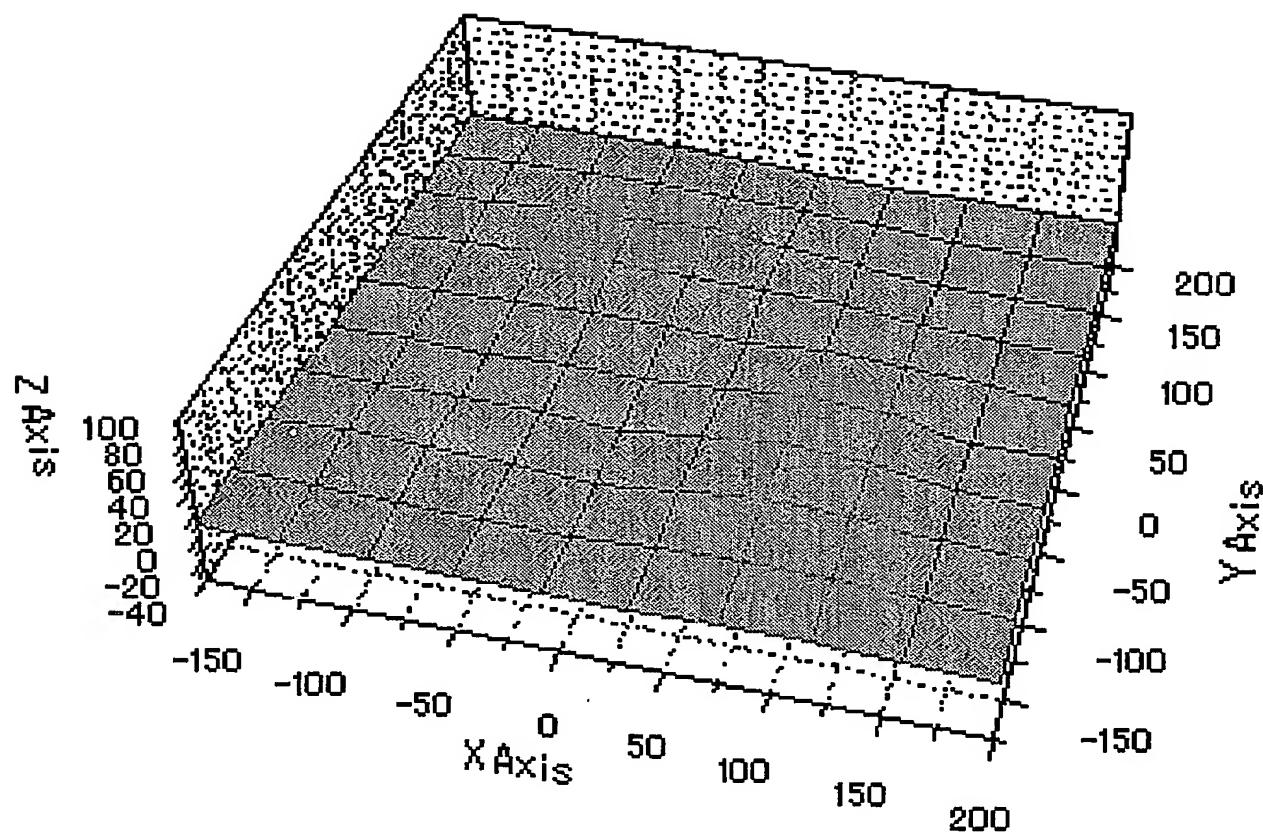
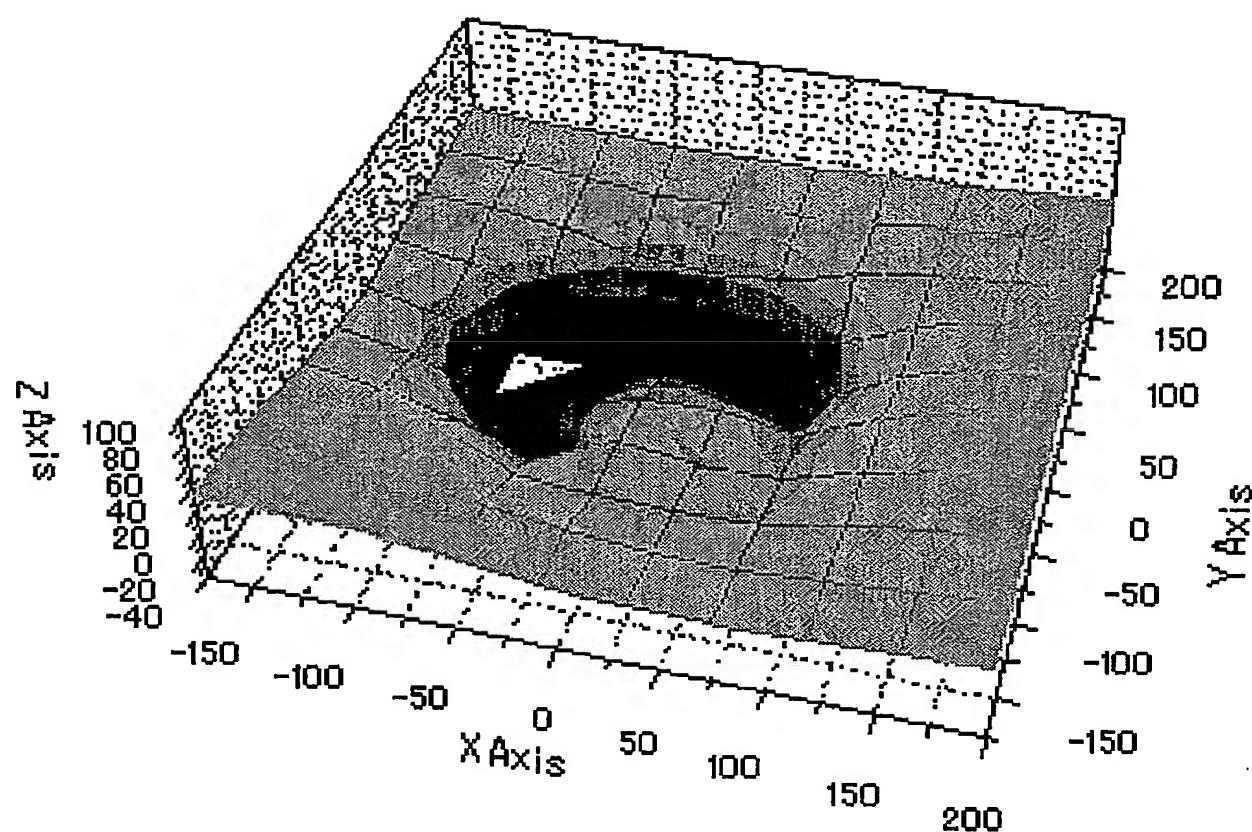


図 19



20/20

図 20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10481

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H05B3/68, H05B3/20, H05B3/30, H05B3/10, H01L21/02,
H01L21/205, H01L21/302

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H05B3/68, H05B3/20, H05B3/30, H05B3/10, H01L21/02,
H01L21/205, H01L21/302

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y X	JP 2000-243542 A (NHK Spring Co., Ltd.), 08 September, 2000 (08.09.00), Full text; Figs. 1 to 7 & US 6180931 B1	1 2-3
Y	JP 2002-141257 A (Ibiden Co., Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Full text; Figs. 1 to 3 & WO 02/99855 A	1

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 December, 2003 (10.12.03)Date of mailing of the international search report
24 December, 2003 (24.12.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int C 1' H05B3/68, H05B3/20, H05B3/30, H05B3/10, H01L21/02, H01L21/205, H01L21/302

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int C 1' H05B3/68, H05B3/20, H05B3/30, H05B3/10, H01L21/02, H01L21/205, H01L21/302

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996
日本国公開実用新案公報	1971-2003
日本国実用新案登録公報	1996-2003
日本国登録実用新案公報	1994-2003

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-243542 A (日本発条株式会社)	1
X	2000. 09. 08, 全文, 第1-7図 & U.S 61809 31 B1	2-3
Y	JP 2002-141257 A (イビデン株式会社) 2002. 05. 17, 全文, 1-3図 & WO 02/998 55 A	1

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「I」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 12. 03

国際調査報告の発送日

24.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

豊島 唯

3L 9432



電話番号 03-3581-1101 内線 3337